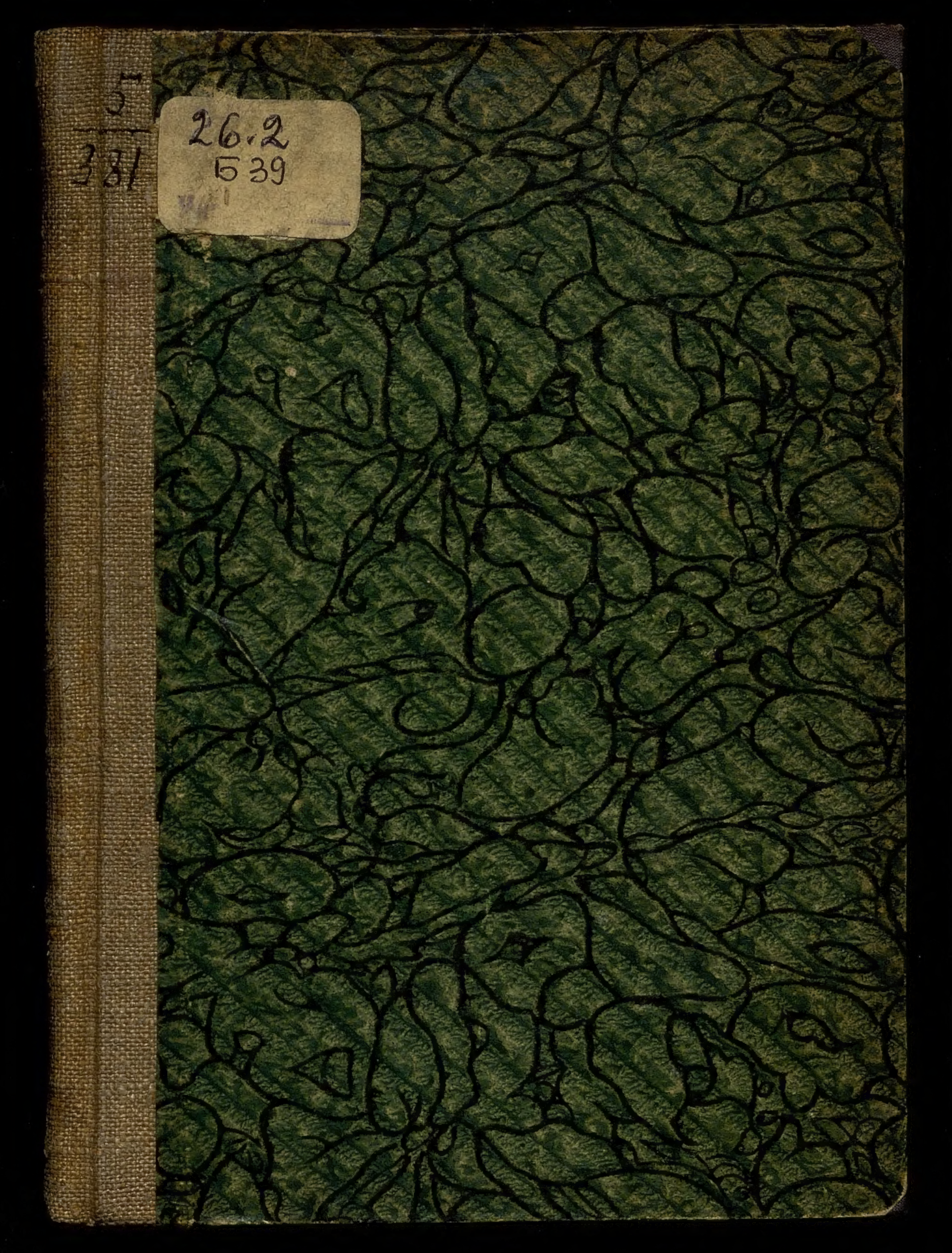

5
381
26.2
Б39


ПРОВЕРЕНО
ПЕРЕУЧЕТ 1935 Г.
1941
ПРОВЕРЕНО
1938 г.



БРОКГАУЗЪ-ЕФРОНЪ.

Дешевая Библіотека Естествознанія.

№ 7.

Э. Бёзе.

Старшій геологъ Мексиканскаго Геологическаго Института.

Землетрясенія.

Переводъ съ нѣмецкаго
подъ редакціей Б. А. ПОПОВА.

Съ 4 таблицами и 49 рисунками въ текстѣ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1912.

Типографія Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ. СПБ.,

Предисловіе.

Землетрясенія принадлежатъ къ числу страшнѣйшихъ катастрофическихъ явленій природы,—они вызываютъ ужасъ и панику въ душѣ каждаго испытавшаго ихъ и причиняютъ неисчислимыя бѣдствія пораженнымъ ими мѣстностямъ. Испытывая впервые землетрясеніе, утрачиваешь вѣру въ прочность земной коры и, по словамъ А. Гумбольдта, „чувствуешь, что видимое спокойствіе природы—лишь кажущееся; невольно прислушиваешься къ каждому малѣйшему шуму, начинаешь не довѣрять почвѣ, по которой до того времени ходилъ съ такой увѣренностью". Теперь мы знаемъ, что наша земная кора и на самомъ дѣлѣ не является вполнѣ устойчивой—въ ней постоянно происходятъ движенія, перемѣщенія, хотя и незамѣтныя для нашихъ чувствъ, но съ полною несомнѣнностью констатируемыя точными чувствительными инструментами.

Землетрясенія привязаны по преимуществу къ горнымъ мѣстностямъ, въ особенности къ областямъ относительно молодыхъ горныхъ хребтовъ, въ которыхъ процессы горообразованія не закончены. Въ силу этого, въ сѣверной и средней части Европейской Россіи они происходятъ лишь въ рѣдкихъ, исключительныхъ случаяхъ, но на югѣ, на Кавказѣ и въ нашихъ азіатскихъ владѣніяхъ землетрясенія не составляютъ чего-либо исключительнаго, а нѣкоторыя мѣстности, напр., окрестности г. Вѣрнаго и Иркутска, даже пріобрѣли въ этомъ отношеніи печальную извѣстность. Потому и у насъ знакомство съ этими явленіями, съ ихъ причинами и со способами ихъ наблюденія и изученія представляютъ интересъ не только для каждаго любителя естествознанія, но и вообще для каждаго любознательнаго человѣка.

Предлагаемая книга, составленная однимъ изъ извѣстныхъ спеціалистовъ по вопросу о землетрясеніяхъ, имѣетъ своею цѣлью сообщить въ возможно болѣе общедоступной формѣ новѣйшія научныя данныя изъ области науки о землетрясеніяхъ, сейсмологіи, разросшейся въ настоящее время въ обширную отрасль геологіи. Въ ней, въ видахъ общедоступности изложенія, отброшена, разумѣется, математическая разработка вопросовъ, связанныхъ съ землетрясеніями, но авторъ приложилъ всѣ старанія къ тому, чтобы выяснить основныя положенія и выводы безъ примѣненія математики. Если только читатель не убоится нѣкоторыхъ самыхъ элементарныхъ графическихъ построеній и простѣйшихъ ариѳметическихъ выкладокъ, онъ можетъ познакомиться довольно полно съ самою сущностью и методами сейсмологическихъ изслѣдованій, равно какъ и съ главнѣйшими результатами сейсмологіи, этой новой и уже столь плодотворной отрасли естествознанія.

Схематическіе чертежи взяты изъ оригинальной книги E. Böse, „Die Erdbeben"; рисунки же разрушеній, производимыхъ землетрясеніями, заимствованы, главнымъ образомъ, изъ оффиціальнаго отчета о послѣднемъ большомъ землетрясеніи въ Санъ-Франциско („U. S. Geological Survey. The San-Francisco Earthquake and fire of April 18, 1906". Вашингтонъ, 1907 г.) и изъ посвященной мессинскому землетрясенію статьи F. Sacco, „La terra è viva", Туринъ, 1909 г.

---

1. Природа землетрясенія.

Подъ землетрясеніемъ мы понимаемъ каждое сотрясеніе земной поверхности, причины котораго недоступны нашему непосредственному наблюденію и лежатъ внутри земной коры или во внутренности земного шара, независимо отъ того, воспринимается ли такое сотрясеніе прямо нашими внѣшними чувствами, или можетъ быть констатировано лишь при помощи особыхъ инструментовъ. Извѣстно, что случаются сотрясенія почвы, происходящія и отъ иныхъ, такъ сказать, искусственныхъ причинъ,—напримѣръ, отъ взрывовъ, обваловъ построекъ и т. п., но, разумѣется, такія сотрясенія не имѣютъ ничего общаго съ разсматриваемыми далѣе естественными явленіями.

Движенія земной коры можно раздѣлить двоякимъ способомъ,—во-первыхъ, по роду движенія и, во-вторыхъ, по причинамъ, ихъ вызывающимъ. Съ первой точки зрѣнія, мы различаемъ медленныя и быстрыя движенія почвы. Медленныя движенія, совершающіяся въ земной поверхности, состоятъ изъ колебаній ея уровня, происходящихъ съ такою постепенностью, что они могутъ быть замѣчены лишь при помощи очень тонкихъ инструментовъ. Эти движенія стоятъ въ связи либо съ медленными поднятіями или опусканіями земной коры, либо зависятъ отъ притяженія земли солнцемъ или луною, или же, наконецъ, обусловливаются измѣненіями, происходящими въ атмосферѣ. Всѣ такія явленія называются брадисейсмическими, т.-е. медленными движеніями земной коры.

Быстрыми движеніями земной поверхности являются настоящія землетрясенія,—ихъ называютъ также тахисейсмическими (быстрыми движеніями земной коры), но сюда относятся и тѣ сотрясенія, которыя вызываются вѣтромъ, измѣненіями атмосфернаго давленія, ударами волнъ и т. п. Эти быстрыя движенія раздѣляются на микросейсмическія и макросейсмическія. Первыя не могутъ быть

восприняты непосредственно нашими чувствами и частью вызываются вышеупомянутыми, лежащими внѣ земной коры причинами, частью же предшествуютъ болѣе сильнымъ сотрясеніямъ земной коры, уже ощущаемымъ нами; иногда, впрочемъ, вслѣдъ за такими слабыми колебаніями земной коры и не происходитъ никакихъ болѣе сильныхъ. Кромѣ того, разумѣется, каждое сильное землетрясеніе на значительномъ разстояніи отъ своей исходной точки превращается въ микросейсмическія движенія. Наконецъ, макросейсмическими колебаніями называются именно тѣ сотрясенія почвы, которыя и подразумѣваются обыкновенно подъ названіемъ „землетрясеній".

Такое раздѣленіе землетрясеній на макро- и микро-сейсмическія, разумѣется, чисто формально, и ему можетъ быть противопоставлено другое дѣленіе, основанное на причинахъ, вызывающихъ данное явленіе. Въ этомъ отношеніи землетрясенія дѣлятся на происходящія отъ обваловъ, на вулканическія, скрыто-вулканическія и дислокаціонныя. Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію отдѣльныхъ видовъ землетрясеній, изложимъ вкратцѣ, какъ представляли себѣ причины этихъ явленій въ прежнія времена.

Землетрясенія играютъ значительную роль въ миѳологіи различныхъ народовъ; у нѣкоторыхъ народовъ (напримѣръ, у грековъ, римлянъ, персовъ, древнихъ германцевъ и китайцевъ) происхожденіе ихъ объясняется присутствіемъ демоновъ, злыхъ духовъ, или великановъ, заключенныхъ въ земной корѣ и потрясающихъ ее; другія народности приписываютъ эти явленія движеніямъ подъ землею гигантскихъ животныхъ, напримѣръ, китовъ (въ Южной Америкѣ), змѣй (въ Малой Азіи), огромнаго насѣкомаго (въ Японіи), или черепахи (въ Сѣверной Америкѣ). Евреи видѣли въ землетрясеніи лишь выраженіе гнѣва Іеговы или же трепетъ всего мірозданія передъ Творцомъ, и въ Библіи мы находимъ не мало захватывающихъ описаній такихъ явленій; такъ, въ 114 псалмѣ говорится: „море узрѣло и обратилось въ бѣгство, Іорданъ направился вспять, горы прыгали подобно овнамъ и холмы подобно агнцамъ. Предъ лицомъ Господа задрожала земля". Греки считали причиною землетрясеній бога моря Посейдона, почему онъ нерѣдко называется и „сотрясателемъ земли". Причиною тому было, быть-можетъ то, что греческіе острова

часто подвергались моретрясеніямъ, вліявшимъ сильнѣйшимъ образомъ и на берега.

Греческіе и римскіе философы и естествоиспытатели обнаружили уже взгляды на причины землетрясеній, совсѣмъ мало удаленныя отъ нашихъ. Если оставить въ сторонѣ Ѳалеса и нѣкоторыхъ изъ его учениковъ, высказывавшихъ очень фантастическія соображенія, то можно сказать, что уже у древне-греческихъ философовъ мы находимъ объясненія, вполнѣ допустимыя и въ настоящее время. Анаксагоръ (500—428 гг. до Р. Хр.) видѣлъ причину землетрясеній въ обвалахъ, происходящихъ частью отъ вымыванія горныхъ породъ, частью вслѣдствіе образованія въ горахъ полостей путемъ дѣйствія подземнаго огня. Аристотель (384—322 гг. до Р. Хр.) объяснялъ всѣ землетрясенія движеніями паровъ и воздуха, заключенныхъ въ подземныхъ полостяхъ. Эти взгляды Аристотеля принимались также и Страбономъ (род. въ 66 г. до Р. Хр.) и римскимъ естествоиспытателемъ Плиніемъ (род. въ 23 г. по Р. Хр.). Демокритъ (род. около 460 г. до Р. Хр.) предполагалъ, что нѣкоторыя области земной коры понижаются, тогда какъ въ это же время другія повышаются, вслѣдствіе чего и происходятъ землетрясенія. Мы видимъ, слѣдовательно, что у грековъ существовали основныя черты теоріи обвала, вулканической теоріи и теоріи дислокаціонной.

Въ средніе вѣка въ данномъ вопросѣ, какъ и во многихъ другихъ, принимались взгляды Аристотеля и Плинія, хотя на ряду съ этимъ, конечно, не мало было и суевѣрій. Еще въ XVII и XVIII вѣкахъ господствовали весьма фантастическіе взгляды на землетрясенія. Послѣ того, какъ познакомились съ электричествомъ, пытались объяснить землетрясенія результатами электрическихъ разрядовъ; предлагали даже, по аналогіи съ громоотводами, устраивать особыя приспособленія для предохраненія отъ землетрясеній. Лишь съ развитіемъ естествознанія, и въ частности геологіи, начались систематическія изслѣдованія причинъ землетрясеній. Такъ, въ началѣ XVIII столѣтія знаменитый швейцарскій натуралистъ Шейхцеръ высказалъ предположеніе, что землетрясенія происходятъ вслѣдствіе обваловъ въ полостяхъ, находящихся подъ земной корой, а также вслѣдствіе горныхъ обваловъ. Гумбольдтъ и Леопольдъ фонъ-Бухъ, наоборотъ, сводили всѣ колебанія земной коры къ вулканическимъ изверженіямъ, и предполагали, что вулканы являются какъ бы предохранительными клапанами земли,

такъ какъ именно тамъ, гдѣ вулкановъ нѣтъ, землетрясенія встрѣчаются наиболѣе часто. Буссиньо, жившій въ началѣ XIX столѣтія, выводилъ, наоборотъ, заключеніе, что если въ мѣстностяхъ, гдѣ нѣтъ вулкановъ, наблюдаются самыя сильныя землетрясенія, то эти явленія не зависятъ отъ вулкановъ и должны сводиться къ опусканію или провалу горныхъ областей.

До середины XIX столѣтія и даже далѣе главнѣйшими причинами землетрясеній считались все же вулканическія силы; вмѣстѣ съ тѣмъ, эти же силы, предполагалось, образовали и горы, выпячивая въ вышину или въ стороны земную кору. Подобный взглядъ исчезъ лишь въ 70-ыхъ годахъ прошлаго столѣтія, и его мѣсто въ геологіи заняла теорія, защищавшаяся особенно Зюссомъ, по которой горы образовались вслѣдствіе сжатія внутренности земли, благодаря чему земная кора, сдѣлавшаяся слишкомъ широкой, собралась въ складки. Во время такого процесса образованія складокъ отдѣльныя части земной коры разбились на глыбы. Предполагается, что при такомъ разбиваніи и при перемѣщеніи отдѣльныхъ глыбъ между собою и возникаютъ, такъ называемыя, тектоническія или дислокаціонныя землетрясенія. Эта теорія получила скоро господство въ наукѣ; въ послѣдней утвердилась гипотеза, что всѣ крупныя землетрясенія являются такими дислокаціонными, тогда какъ землетрясенія вулканическія, или происходящія отъ обваловъ, имѣютъ лишь весьма ограниченное распространеніе. Между тѣмъ изученіе землетрясеній развилось и въ другомъ направленіи. Астрономы и физики изобрѣли рядъ чрезвычайно чувствительныхъ инструментовъ, при помощи которыхъ возможно получить вполнѣ точныя представленія о характерѣ волнъ землетрясенія, о времени начала его, и о быстротѣ распространенія, равно какъ и о глубинѣ залеганія центра его. Особыя заслуги въ дѣлѣ изслѣдованія землетрясеній имѣетъ нѣмецкій геологъ Августъ Шмидтъ въ Штуттгартѣ, изслѣдованія котораго произвели полный переворотъ въ нашихъ представленіяхъ о распространеніи подземныхъ толчковъ, причемъ имъ былъ изобрѣтенъ очень точный способъ опредѣлять глубину центра землетрясенія. Вычисленія А. Шмидта, на которыхъ мы остановимся въ дальнѣйшихъ главахъ, показали, что центры землетрясеній располагаются на чрезвычайно большой глубинѣ; поэтому въ настоящее время постепенно прокладываетъ себѣ дорогу представленіе, что далеко не всѣ крупныя землетрясенія являются дислокаціонными. Бранка ука-

залъ на то, что, быть-можетъ, нѣкоторыя изъ крупныхъ землетрясеній все же по существу вулканическаго характера, хотя они и вызываются не тѣми вулканическими силами, которыя дѣйствуютъ на земной поверхности, а вулканическими силами внутренней части земли. Подобнымъ землетрясеніямъ онъ даетъ заимствованное у Гёрнеса названіе скрыто-вулканическихъ.

Мы не будемъ здѣсь перечислять всѣхъ высказывавшихся въ наукѣ теорій, объясняющихъ землетрясенія; упомянемъ лишь двѣ изъ нихъ, такъ какъ онѣ проникли и въ широкую публику. Одна изъ этихъ теорій ставитъ землетрясенія въ связь съ солнечными пятнами, другая—съ притяженіемъ внутренности земли солнцемъ и луною. Около середины второй половины XIX столѣтія Э. Клуге, Р. Вольфъ и Поэй пытались доказать, что землетрясенія стоятъ въ зависимости отъ появленія солнечныхъ пятенъ; притомъ Клуге предполагалъ, что въ тѣ годы, которые особенно бѣдны солнечными пятнами, землетрясенія и вулканическія изверженія особенно часты, тогда какъ Поэй и Вольфъ пытались доказать какъ-разъ обратное,—именно, что чрезвычайно много землетрясеній происходитъ въ годы, обильные солнечными пятнами. Эта гипотеза въ недавнія времена опять была воскрешена нѣкоторыми астрофизиками и астрономами, но они не могли привести никакихъ убѣдительныхъ доказательствъ въ пользу ея правильности.

Что причиною землетрясеній является притяженіе внутренности земли солнцемъ и луною, было высказано сперва французскимъ ученымъ А. Перре и позднѣе защищалось въ нѣсколько болѣе развитомъ видѣ Рудольфомъ Фальбомъ. По этой теоріи притяженіе солнца и луны дѣйствуетъ на огненно-жидкое ядро земли (существованіе котораго, впрочемъ, не доказано) совершенно такъ же, какъ оно дѣйствуетъ на море, т.-е. вызываетъ приливы и отливы. Эта гипотеза была, однако, уже въ 1881 г. опровергнута Р. Гёрнесомъ и въ настоящее время геологами не признается.

Разсмотримъ теперь подробнѣе теоріи, принятыя въ настоящее время наукою, и тѣ, о которыхъ высказываются еще разнорѣчивые взгляды. Начнемъ прежде всего съ наиболѣе рѣдко встрѣчающихся землетрясеній,—именно, съ обусловленныхъ обвалами. Такія землетрясенія могутъ происходить уже вслѣдствіе обваловъ въ шахтахъ. Такъ, напримѣръ, въ 1875 г. обвалилась часть шахты въ Кёнигсгютте въ Верхней Силезіи, и это обусловило сотрясеніе почвы, со-

провождавшееся сильнымъ громомъ и сказавшееся во всѣхъ окрестностяхъ на разстояніи цѣлаго часа. Точно также въ оловянныхъ копяхъ Альтенберга неоднократно происходили такія землетрясенія, обусловленныя обвалами. Настоящія землетрясенія такого рода возникаютъ, однако, при обвалахъ пещеръ въ горахъ. Въ горахъ, состоящихъ въ особенности изъ известняковъ, вымываются нерѣдко огромныя пространства подъ поверхностью земли, такъ что образуются обширныя пещеры. Извѣстны пещеры Шиллинга, Германа и Баумана въ Гарцѣ, Адельсбергскій гротъ и пещеры св. Канціана въ Альпахъ. Эти пещеры образуются вслѣдствіе растворенія углекислой извести дождевою водою, которая проникаетъ въ трещины, а также вслѣдствіе выщелачиванія источниками, содержащими углекислоту. Если пещера становится такой большой, что верхній сводъ ея не выдерживаетъ болѣе тяжести, то начинаются обвалы, которые вызываютъ цѣлый рядъ небольшихъ землетрясеній. Иногда сразу обваливается весь верхній сводъ пещеры, и притомъ возникаетъ сильное, но непродолжительное и сказывающееся на небольшомъ пространствѣ землетрясеніе. Случается, что подобные обвалы обусловливаютъ возникновеніе воронкообразныхъ впадинъ на поверхности земли, какъ это наблюдалось, напримѣръ, въ известняковыхъ горахъ близъ Тетекала въ штатѣ Морелосъ въ Мексикѣ, 12-го октября 1908 г., въ 10 час. 30 м. вечера. Подобныя воронкообразныя углубленія наблюдаются всюду въ известняковыхъ горахъ, и нерѣдко діаметръ ихъ достигаетъ 100 метровъ. Иногда подобные провалы сопровождаются не землетрясеніемъ, а лишь грохотомъ, похожимъ на залпы орудій или, рѣже, на подземный громъ. Такія звуковыя явленія наблюдались, напримѣръ, въ 1822—24 гг. на островѣ Меледа, въ Далмаціи, и нерѣдко были связаны со слабыми землетрясеніями. Въ общемъ должно, однако, сказать, что землетрясенія, обусловленныя обвалами, случаются относительно рѣдко, и хотя они могутъ быть чрезвычайно опасны, но не причиняютъ большихъ бѣдствій, такъ какъ никогда не распространяются на обширныя области. Они ощущаются лишь недалеко отъ своего мѣста возникновенія.

Гораздо чаще происходятъ **вулканическія землетрясенія**. Рѣдко бываетъ вулканическое изверженіе, которому не предшествовало бы землетрясеніе, и которое не сопровождалось бы таковымъ. Та же самая сила, которая поднимаетъ расплавленную лаву и выбрасываетъ вулканическія

бомбы и пепелъ изъ жерла вулкана, обусловливаетъ и сотрясеніе земной коры. Вулканическія землетрясенія встрѣчаются особенно часто передъ изверженіями, они являются результатомъ попытокъ лавы прорваться наружу. Общеизвѣстно сильное землетрясеніе, происшедшее въ 63 г. по Р. Хр. и разрушившее города Помпеи и Геркуланумъ; 16 лѣтъ спустя произошло затѣмъ грандіозное изверженіе Везувія, которымъ оба города были засыпаны пепломъ и залиты лавою. Этому изверженію, какъ сообщаетъ Плиній Младшій, предшествовало также сильное землетрясеніе, благодаря которому въ Мизенумѣ дрожали дома, и море отступило отъ береговъ. Нѣчто подобное произошло и при изверженіи вулкана Цеборуко въ Мексикѣ. 15-го февраля 1870 г. въ окрестностяхъ этой горы начались сильнѣйшія сотрясенія почвы и подземные шумы; они продолжались до 18-го февраля, когда послѣдовало изверженіе. Передъ сильнымъ изверженіемъ Мауна-Лоа въ 1868 году въ теченіе 10 дней было насчитано болѣе 2000 подземныхъ ударовъ. Однимъ изъ грандіознѣйшихъ примѣровъ вулканическаго землетрясенія, не сопровождающагося изверженіемъ, было землетрясеніе, наблюдавшееся 28-го іюля 1883 года близъ Неаполя и разрушившее селеніе Казамиччіола на островѣ Искія; по всѣмъ вѣроятіямъ, оно было связано съ поднятіемъ лавы въ жерлѣ вулкана Эпомео, который образуетъ главную горную вершину этого острова. Такое поднятіе лавы, не влекущее за собою изверженія, называютъ „попыткою къ изверженію“. Общеизвѣстно, что и изверженію Монъ-Пеле на островѣ Мартиникѣ предшествовало сильнѣйшее землетрясеніе.

Всѣ подобныя вулканическія землетрясенія отличаются тѣмъ, что не распространяются на значительное разстояніе. Катастрофа на островѣ Мартиникѣ, напримѣръ, не была отмѣчена ни однимъ изъ сейсмографовъ, находившихся сколько-нибудь далеко, несмотря на то, что сильныя землетрясенія иного происхожденія отмѣчаются даже на разстояніи многихъ тысячъ километровъ. Лишь въ рѣдкихъ случаяхъ при изверженіяхъ не наблюдается предшествующихъ сотрясеній земной коры. Такіе исключительные случаи приводятся, напримѣръ, Лершемъ, при изверженіи Везувія, въ маѣ 1855 г., и при изверженіи Котопахи, 25-го іюня 1877 г.

Несравненно большее значеніе, чѣмъ всѣ вышеназванные роды землетрясеній, имѣютъ землетрясенія, называемыя въ настоящее время тектоническими или дислокаціон-

ными; значительная часть ихъ, однако, по всѣмъ вѣроятіямъ, скорѣе можетъ быть названа скрыто-вулканическими.

Для того, чтобы понять, что называется тектоническимъ землетрясеніемъ, мы должны уяснить себѣ прежде всего, какимъ способомъ возникаютъ горы. Большая часть континентовъ слагается изъ слоевъ, которые нѣкогда были отложены водою, преимущественно моремъ; такіе слои мы на-

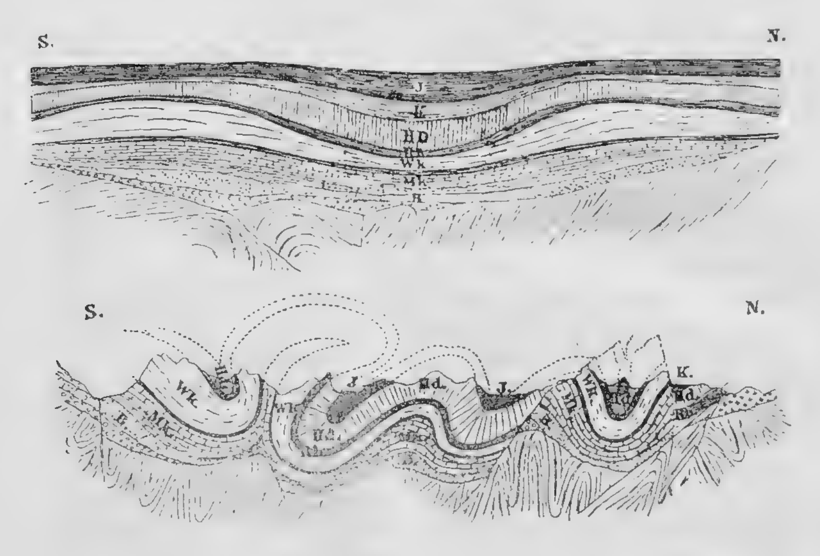


Рис. 1. Поперечный разрѣзъ чрезъ слои сѣверныхъ Известняковыхъ Альповъ, сверху—въ ихъ первоначальномъ положеніи, снизу—въ современномъ.

J — юрскіе слои. *K* — кюссенскіе слои. *HD* — главные доломитовые слои. *Rb*—райблерскіе слои. *Wk*—веттерштейнскіе известняки. *Mk*—раковинные известняки. *B* — пестрый песчаникъ, подъ нимъ пермскіе слои и кристаллическіе сланцы.

зываемъ осадочными: къ нимъ относятся слои, состоящіе изъ глинистыхъ сланцевъ, известняковъ, песчаниковъ и т. п. Эти породы отлагались въ свое время горизонтальными пластами, но теперь во многихъ мѣстахъ земной поверхности, особенно въ горахъ, эти пласты являются самымъ разнообразнѣйшимъ способомъ изогнутыми, превращенными въ складки и разорванными вслѣдствіе дѣйствія какихъ-то силъ, сдавли-

вавшихъ и сдвигавшихъ ихъ съ боковъ; поскольку слои обладали гибкостью, они образовывали складки, тѣ же слои, которые, подобно толстымъ массамъ известняковъ, являются твердыми и хрупкими, сперва незначительно изгибались, затѣмъ ломались. Такимъ образомъ возникали параллельныя складки, которыя разламывались какъ въ продольномъ, такъ и въ поперечныхъ направленіяхъ. Прилагаемый разрѣзъ чрезъ слои сѣверныхъ Известняковыхъ Альповъ (рис. 1) дастъ намъ представленіе о строеніи горныхъ хребтовъ.

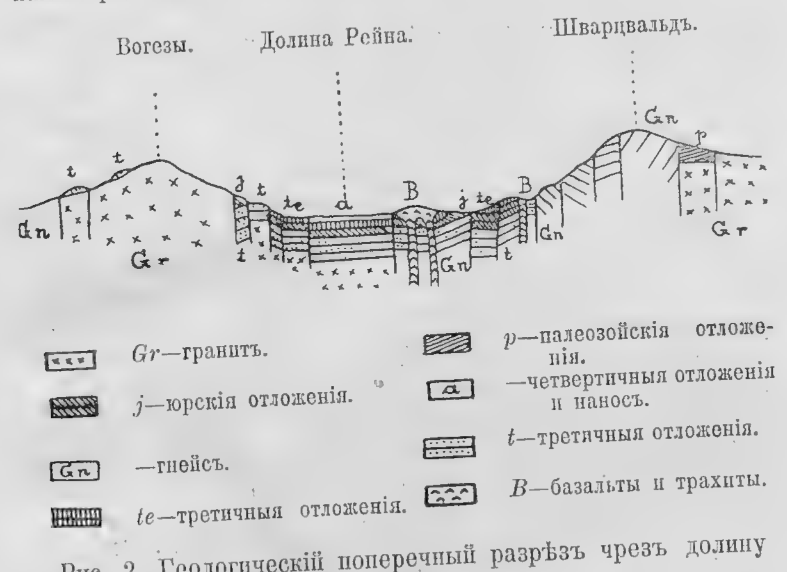


Рис. 2. Геологическій поперечный разрѣзъ чрезъ долину Рейна.

Благодаря образованію такой складчатости возникали натяженія, которыя затѣмъ медленно и постепенно должны были разрѣшаться,—именно, земная кора должна была затѣмъ разбиваться на множество отдѣльныхъ глыбъ, которыя въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже надвигались одна на другую. Пока такія глыбы не приходили въ состояніе полнаго равновѣсія, пока онѣ продолжали перемѣщаться одна по отношенію къ другой, должны были происходить и сотрясенія земной коры, которыя называются нами „тектоническими" или „дислокаціонными" землетрясеніями. Дислокаціей мы и называемъ перемѣщеніе глыбъ земной коры по отношенію

другъ къ другу по линіямъ сброса или разрыва, а тектоникой горы называемъ ея внутреннее геологическое строеніе. Иногда эти слои не образуютъ складокъ, а лишь поднимаются и затѣмъ проламываются. Примѣромъ тому является долина Рейна; приводимый нами поперечный разрѣзъ чрезъ нее (рис. 2) доказываетъ, что осадочные слои между Шварцвальдомъ и Вогезами опустились и при этомъ раздробились на множество глыбъ. Въ виду того, что опусканіе это въ геологическомъ отношеніи произошло очень недавно, глыбы не пришли еще въ состояніе покоя, и при каждомъ перемѣщеніи ихъ возникаютъ землетрясенія. Подобное же строеніе имѣетъ въ Палестинѣ долина Іордана, и происходящія тамъ землетрясенія должны быть сведены къ той же самой причинѣ,—они, разумѣется, относятся къ землетрясеніямъ тектоническимъ. Иногда результатомъ землетрясеній являются трещины и новыя опусканія слоевъ, но это случается все же далеко не всегда, даже при самыхъ сильныхъ землетрясеніяхъ.

Нѣкоторое время всѣ землетрясенія, которыя нельзя было свести непосредственно къ обваламъ или къ дѣйствію вулкановъ, считались тектоническими. Лѣтъ 10 тому назадъ, однако, совершился нѣкоторый переворотъ во взглядахъ геологовъ на эти вопросы. Теорію дислокаціонныхъ землетрясеній поколебало прежде всего установленіе того факта, что очагомъ или центромъ землетрясенія является нерѣдко точка, расположенная чрезвычайно глубоко подъ земною корою, иногда, напримѣръ, болѣе чѣмъ въ 300 километрахъ отъ земной поверхности. Этотъ фактъ былъ установленъ на основаніи чрезвычайно тщательныхъ изслѣдованій А. Шмидта съ помощью въ высшей степени чувствительныхъ инструментовъ. При подобной глубинѣ мѣстоположенія исходной точки горныя породы не могутъ обладать такою твердостью, чтобы мыслимо было сильное треніе, и потому нельзя себѣ представить и возникновенія дислокаціоннаго землетрясенія. Извѣстно, что температура внутри земной коры повышается къ центру земли примѣрно на 1° Ц. на каждые 33 метра глубины. Если мы предположимъ теперь, что это возрастаніе температуры съ глубиною и далѣе происходитъ въ такой же пропорціи, то уже на глубинѣ 50 килом. подъ поверхностью земной коры должна наблюдаться температура приблизительно въ 1600° Ц.—слѣдовательно, большинство горныхъ породъ должно было бы находиться въ жидкомъ, расплавленномъ состояніи, если бы въ то же время не повышалось чрезвы-

чайно сильно и давленіе. Англичане Адамсъ и Никольсонъ доказали опытами, что мраморъ, подвергнутый достаточно сильному давленію, становится пластичнымъ, и есть всѣ основанія думать, что то же самое свойство пріобрѣтаютъ и другія горныя породы, когда давленіе въ достаточной степени возрастаетъ. Если представить себѣ теперь давленіе, которое должно наблюдаться на глубинѣ 50 километровъ подъ поверхностью земли,—давленіе, превосходящее 10.000 атмосферъ, то станетъ ясно, что какъ смѣщеніе и разрывы, такъ и треніе на этой глубинѣ являются совершенно немыслимыми. Основываясь на такихъ соображеніяхъ, многіе выдающіеся изслѣдователи, напримѣръ, Герландъ, А. Шмидтъ, Штюбель, Бранка, Меркалли и др., высказываются въ пользу того, что значительная часть землетрясеній, считавшихся до послѣдняго времени тектоническими, должна имѣть совершенно иную причину. Въ качествѣ такой причины выставляютъ проявленіе вулканизма внутри земного шара, причемъ, главнымъ образомъ, имѣютъ въ виду взрывы, производимые газами или водяными парами. Такія землетрясенія должны, слѣдовательно, рѣзко отдѣляться отъ землетрясеній тектоническихъ, исходная точка которыхъ лежитъ относительно близко къ земной поверхности. Гёрнесъ очень удачно назвалъ эти землетрясенія, исходящія изъ глубокаго очага, землетрясеніями скрыто-вулканическими. Бранка называетъ ихъ „вулканическими землетрясеніями въ широкомъ смыслѣ“, а Меркалли далъ имъ названіе „между-вулканическихъ“ землетрясеній. Къ такимъ скрытовулканическимъ землетрясеніямъ относится, разумѣется, большинство землетрясеній, которыя сказываются на большомъ пространствѣ, такъ какъ не подлежитъ сомнѣнію, что распространеніе землетрясеній увеличивается съ глубиною очага, изъ котораго они исходятъ. Притомъ изъ того обстоятельства, что во время землетрясенія на поверхности земли появляются трещины или сбросы, отнюдь нельзя еще заключить, что землетрясеніе имѣетъ въ данномъ случаѣ тектоническій характеръ, такъ какъ эти сбросы могутъ быть результатомъ землетрясенія, тогда какъ при тектоническихъ землетрясеніяхъ они являются причиною.

2. Явленія, сопровождающія землетрясенія.

При землетрясеніи различаются два рода движеній— сотрясательное, направленное снизу вверхъ, и волнообразное, распространяющееся въ видѣ волны въ горизонтальномъ направленіи.

Надъ самымъ очагомъ землетрясенія, т.-е. надъ исходною его точкою, независимо отъ того, лежитъ ли она близко къ поверхности земли или глубоко подъ нею, располагается область, изъ которой какъ-будто бы и распространяется колебательное движеніе по земной поверхности; эта область называется эпицентромъ. Въ предѣлахъ ея землетрясеніе имѣетъ, главнымъ образомъ, сотрясательный характеръ, т.-е. сказывается въ видѣ вертикальныхъ толчковъ.

Чѣмъ далѣе мы отходимъ отъ эпицентра, тѣмъ меньше обнаруживается вертикальное движеніе и тѣмъ сильнѣе горизонтальное. Это послѣднее представляется нашимъ чувствамъ волнообразнымъ колебаніемъ земной поверхности.

Еще римляне и греки различали эти два рода землетрясеній; такъ, тѣ землетрясенія, которыя Титъ Лукрецій Карусъ (95—55 г. до Р. Хр.) называетъ „землетрясеніями, происходящими отъ обвала", являются, безъ сомнѣнія, ничѣмъ инымъ, какъ сотрясательными вертикальными толчками, тогда какъ его „флуктуаціонныя или колебательныя землетрясенія" не что иное, какъ волнообразныя движенія. Точно также Павзаній (род. въ 1209 г. по Р. Х.) раздѣляетъ землетрясенія на колебательные толчки и на круговращательныя движенія.

Утвержденіе, что при землетрясеніи наблюдалось вращательное движеніе, приходится встрѣчать и въ настоящее время не только въ газетахъ, но даже и въ научныхъ описаніяхъ землетрясеній. Обыкновенно дѣло касается вращенія предметовъ, непрочно стоящихъ на подставкахъ—напр., статуй, надгробныхъ пирамидъ, обелисковъ и столбовъ (рис. 3). Что

эти повороты не могутъ быть сведены къ настоящимъ вращательнымъ движеніямъ, ясно уже изъ того, что нерѣдко на одномъ и томъ же предметѣ различныя части его повернуты



Рис. 3. Столбъ, повернутый вокругъ вертикальной оси при мексиканскомъ землетрясеніи 14 апрѣля 1907 г.

въ противоположныхъ направленіяхъ, напримѣръ: основаніе статуи надъ цоколемъ повернуто налѣво, а сама статуя, находящаяся на немъ, повернута направо. Такія вращательныя

движенія легко могутъ быть объяснены, исходя изъ волнообразныхъ движеній земной поверхности. Если мы на прилагаемомъ чертежѣ (рис. 4) предположимъ, что прямоугольникъ, нарисованный сплошными линіями, представляетъ собою цоколь статуи, на которомъ стоитъ основаніе ея одинаковой величины, и представимъ себѣ, что этотъ цоколь наклоняется направо по направленію стрѣлки,—въ этомъ случаѣ треніе между обѣими поверхностями цоколя и статуи никогда не будетъ во всѣхъ точкахъ совершенно одинаковымъ. Предположимъ, что при *a* треніе это сильнѣе всего,—въ этомъ случаѣ основаніе статуи будетъ вращаться вокругъ этой точки *a* и займетъ положеніе, намѣченное пунктиромъ; такое вращеніе можно легко воспроизвести экспериментально при помощи двухъ каменныхъ пластинокъ. Вращеніе въ ту или другую сторону, наблюдаемое иногда на той же самой статуѣ, объясняется легко различнымъ положеніемъ точекъ наибольшаго тренія, или же тѣмъ, что одно вращеніе происходитъ при наклонѣ направо, другое—при наклонѣ налѣво.

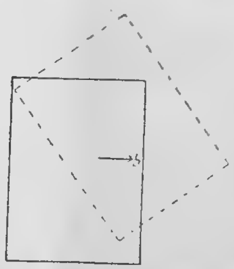


Рис. 4. Схематическій чертежъ для объясненія кажущихся вращательныхъ движеній.

Каково дѣйствіе вышеописанныхъ движеній земной коры, и, въ частности, какъ они дѣйствуютъ на различнаго рода постройки, должно особенно интересовать человѣка, такъ какъ касается его личной безопасности и цѣлости его имущества. Въ общемъ разрушенія, наблюдаемыя на зданіяхъ, можно привести въ слѣдующую систему, данную геологомъ А. Файдига:

1. Полное или почти полное разрушеніе (рис. 22, 23).
2. Паденіе переднихъ (фронтальныхъ) стѣнъ (рис. 5, 21).
3. Паденіе боковыхъ стѣнъ при сохранности фронтальныхъ (рис. 21).
4. Расхожденіе угловъ дома или комнаты и разрушеніе внутреннихъ перегородокъ.
5. Паденіе крыши при цѣлыхъ стѣнахъ.
6. Разрушеніе угловъ и реберъ постройки (рис. 18).
7. Паденіе штукатурки и карнизовъ, появленіе трещинъ въ стѣнахъ (рис. 19).
8. Паденіе каменной облицовки при внутреннемъ желѣзномъ остовѣ (рис. 17).

9. Боковой наклонъ эластическихъ построекъ,—напримѣръ, построекъ деревянныхъ и изъ плетня (рис. 6).
10. Полное разрушеніе деревянныхъ домовъ (рис. 7, 23).

Въ общемъ въ данномъ случаѣ дѣло сводится къ неудо-



Рис. 5. Обвалъ передней стѣны въ церкви Леландъ-Станфордскаго Университета при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

влетворительной постройкѣ домовъ,—хорошо выстроенные дома не страдаютъ даже отъ самыхъ сильныхъ землетрясеній или страдаютъ очень мало. Большое вліяніе оказываютъ, разумѣется, свойства почвы; на основаніи опыта можно сказать, что дома, построенные на скалистой почвѣ, оказываютъ гораздо большее сопротивленіе, чѣмъ выстроенные

на пескѣ, на наносной почвѣ, на галькѣ или даже на сланцѣ или мергелѣ, по крайней мѣрѣ, если послѣдніе не простираются на значительную глубину. Р. Гёрнесъ для объясненія этого даетъ слѣдующій примѣръ. Если представить себѣ, что на туго натянутой перепонкѣ барабана поставлены небольшія фигурки, то при ударѣ по перепонкѣ эти фигурки не упадутъ; но если та же перепонка натянута слабо, онѣ будутъ непремѣнно опрокинуты. Въ силу этого, если скопленія песка и гальки достигаютъ очень значительной толщины, то это сильно ослабляетъ дѣйствіе землетрясенія;



Рис. 6. Паденіе деревянныхъ домовъ, построенныхъ на наносной почвѣ, при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

это объясняетъ намъ, почему, напримѣръ, сѣверо-германская низменность не захватывается почти никогда землетрясеніями, и почему въ городѣ Мексико даже при очень сильныхъ землетрясеніяхъ лишь въ рѣдкихъ случаяхъ разрушаются дома, несмотря на то, что способъ постройки ихъ очень плохъ; этотъ городъ стоитъ на почвѣ, представляющей собою дно прежняго озера и болота,—ея рыхлыя, перемежающіяся со слоями подпочвенной воды отложенія достигаютъ толщины болѣе 300 метровъ. Эта масса отложеній при землетрясеніи играетъ роль какъ бы мѣшка съ пескомъ; если мы пред-

ставимъ себѣ, что упомянутыя выше небольшія фигурки будутъ поставлены на мѣшокъ съ пескомъ, и затѣмъ по нему мы съ силою ударимъ, то ясно, что въ результатѣ эти фигурки едва обнаружатъ самыя незначительныя колебанія. Само собою разумѣется, что сила разрушенія зависитъ и отъ силы землетрясенія; но, если бы всѣ дома строились такимъ образомъ, что представляли бы собою каждый одну сплошную однородную массу, не подлежитъ сомнѣнію, что и при самыхъ сильныхъ землетрясеніяхъ разрушеніе было бы относительно незначительнымъ.



Рис. 7. Деревянный домъ, разорванный пополамъ при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

На способъ разрушенія вліяетъ также и положеніе постройки. Если стѣна стоитъ параллельно направленію удара, то она испытываетъ вертикальный толчокъ; если же она, напротивъ, стоитъ перпендикулярно къ направленію удара, то она либо падаетъ (рис. 5, 21), либо возникаютъ горизонтальныя смѣщенія; если стѣна стоитъ косо къ направленію удара, то образуются косыя трещины, и обваливаются углы (рис. 18, 19).

Землетрясеніе дѣйствуетъ, однако, не только на постройки, но и на самую поверхность земли. Результатъ зависитъ при этомъ отъ силы толчка и отъ особенностей почвы. Наносныя почвы, состоящія изъ рыхлаго матеріала, легко образуютъ трещины, изъ которыхъ при случаѣ можетъ выступить грунтовая вода. Тамъ, гдѣ къ этому представляется возможность, почва опускается иногда ступенеобразно; въ нѣкоторыхъ случаяхъ образуются круглыя дыры (рис. 8), и изъ нихъ выступаютъ вода и песокъ, образуя какъ бы небольшіе песчаные кратеры. Тамъ, гдѣ имѣется галька, или на склонахъ горъ лежатъ толстые слои вывѣтрившихся горныхъ



Рис. 8. Провальныя ямы, образовавшіяся при калабрійскомъ землетрясеніи 1783 года.

породъ и перегноя, возникаютъ нерѣдко обвалы и оползни; въ литературѣ приводятся даже случаи, когда цѣлыя обширныя поверхности съ посѣвами и огородами опускались на протяженіи нѣсколькихъ километровъ; это произошло, напримѣръ, во время великаго калабрійскаго землетрясенія 1783 года. Случается, что опускаются плоскіе морскіе берега, какъ это наблюдалось, напримѣръ, на островѣ Ямайкѣ во время землетрясенія въ Кингстонѣ, въ 1907 г.

Тогда какъ при слабыхъ землетрясеніяхъ твердыя скалистыя породы горъ нерѣдко вовсе не затрагиваются, при

землетрясеніяхъ болѣе значительныхъ онѣ часто разламываются. Могутъ даже произойти смѣщенія ихъ, проявляющіяся либо въ видѣ разсѣлинъ, либо въ видѣ вертикальныхъ сбросовъ или же горизонтальныхъ сдвиговъ (рис. 9). Иногда такіе горизонтальные сдвиги наблюдаются на очень большомъ протяженіи. Нерѣдко происходитъ и подъемъ обширныхъ областей земной поверхности,—о таковомъ сообщаетъ, напримѣръ Ольдгенъ, описывая остъ-индское землетрясеніе 1897 года: тогда на различныхъ пунктахъ произошли поднятія почвы, обнаружившіяся тѣмъ, что съ этихъ точекъ измѣнилась широта горизонта. Феннема сообщаетъ, что во время землетрясенія 1-го мая 1892 г. на островѣ Суматрѣ три опорныхъ пункта тріангуляціи значительно смѣстились по отношенію другъ къ другу.

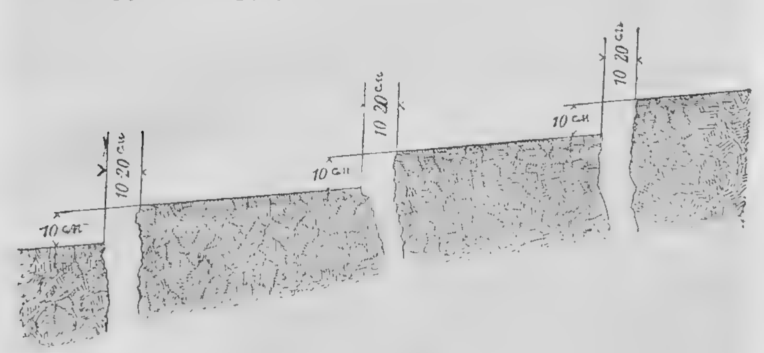


Рис. 9. Ступенеобразное опусканіе дороги изъ Триль въ Войничь въ Далмаціи.
По Файдига (Землетрясеніе въ Синьи 2-го іюля 1898 г.).

Чрезвычайно важными являются наблюденія, которыя были сдѣланы во время землетрясенія въ Санъ-Франциско 18-го апрѣля 1906 года. Джонъ Гейфордъ и А. Л. Бальдуинъ нашли, что изъ 58 изслѣдованныхъ опорныхъ пунктовъ тріангуляціи 26 перемѣстились, и, наприм., пунктъ Томельсбей перемѣстился на 3,9 метра; это мѣсто находится, впрочемъ, лишь въ 2,1 килом. отъ огромной новообразовавшейся трещины. При описаніи этого землетрясенія указывались также изслѣдователями и тѣ смѣщенія, которыя были вызваны въ Калифорніи во время обильнаго землетрясеніями періода съ 1866 по 1874 г.; за это время кусокъ земной коры, располагающійся между пунктами Маунтъ-

Тамальпе, Фараллонскій маякъ, гора Росса и Шеперрель, поверхностью около 2.600 кв. километровъ, перемѣстился на 1,6 м. къ сѣверу. Все перемѣщеніе съ 1866 г. по 1907 г. для вышеупомянутаго пункта Томельсбей выразилось въ 5,3 м. Всѣ эти смѣщенія происходили въ горизонтальномъ направленіи, смѣщеній вертикальныхъ нельзя было съ точностью установить.

Что подобныя измѣненія земной поверхности могутъ вліять и на грунтовыя воды, и на источники, понятно само собою. Обыкновенно во время землетрясеній наблю-



Рис. 10. Воронкообразный провалъ при землетрясеніи въ Чарльстонѣ (31-го августа 1886 г.).

дается, что прежніе источники исчезаютъ; появляются новые ключи, ключевая и рѣчная вода становится мутной, и общее количество воды въ рѣкахъ значительно увеличивается. Все это легко объяснимо: какъ только землетрясеніе сдавливаетъ трещины, имѣющіяся въ горныхъ породахъ, такъ вода не можетъ болѣе по нимъ подниматься, и источникъ или ключъ изсякаетъ. Иногда трещины закупориваются лишь рыхлымъ матеріаломъ, такъ что въ результатѣ источникъ исчезаетъ лишь на время, но затѣмъ вода снова прокладываетъ себѣ дорогу

и появляется на поверхности. Случается и наоборотъ—землетрясеніе прорываетъ новыя щели, и въ этомъ случаѣ появляются новые источники, иначе говоря, грунтовыя воды находятъ себѣ новые пути для выхода на поверхность. При такомъ движеніи земной коры образуется, конечно, также много измельченной горной породы или пыли, и примѣсь ея дѣлаетъ воду источниковъ мутною; въ рѣкахъ могутъ, кромѣ



Рис. 11. Вторичныя трещины на поверхности земли при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

того, произойти также оползни по берегамъ, и можетъ возникнуть взмучиваніе ила на днѣ. Уменьшеніе количества воды въ рѣкахъ объясняется, просто-на-просто, тѣмъ, что вслѣдствіе землетрясенія грунтовыя воды во многихъ мѣстахъ выжимаются наружу.

Если во время землетрясенія подземный ударъ подѣйствуетъ на воду, заключенную въ какомъ-либо бассейнѣ

или въ пруду, то онъ сообщитъ ей свое волнообразное движеніе, и вода можетъ быть подброшена въ вышину или даже выступитъ за края бассейна, и чѣмъ послѣдній меньше, тѣмъ она будетъ выброшена съ большею силою. По описанію Саппера, во время землетрясенія въ Гватемалѣ 18-го апрѣля 1902 г. озеро св. Христофора обнаружило колебанія уровня въ 10 см., тогда какъ въ сложенной изъ камней



Рис. 12. Трещина и сбросъ на поверхности земли при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

цистернѣ въ Чималька обнаружилось колебаніе уровня въ 45 см. въ вышину. Относительно передачи землетрясенія водамъ рѣкъ пока мало еще извѣстно. Разсказываютъ, что въ 1864 году Рейнъ во время землетрясенія сильно вздулся и въ теченіе цѣлаго часа обнаруживалъ значительное волненіе. При землетрясеніяхъ въ Синьи, въ Австріи, Файдига наблюдалъ, что на рѣкѣ появились небольшія волны. Я самъ могъ сдѣлать такое наблюденіе въ ноябрѣ 1907 года: я ку-

пался въ рѣчкѣ Юквила въ Оаксакѣ (въ Мексикѣ) и внезапно почувствовалъ появленіе сильной волны, которая прокатилась надъ головой. Я думалъ сперва, что это поднятіе уровня обусловлено вздутіемъ отъ дождей, но рѣка текла затѣмъ такъ же спокойно, какъ и ранѣе, и появленіе волны казалось мнѣ необъяснимымъ; когда же я вернулся въ деревню, мнѣ сообщили, что въ это самое время ощущалось



Рис. 13. Горизонтальный сдвигъ полотна желѣзной дороги у Ранганара во время остъ-индскаго землетрясенія 1897 г.

сильное землетрясеніе, отъ котораго двери начали открываться и закрываться и балки потолковъ скрипѣть.

Послѣднее время нѣкоторые изслѣдователи отрицали возможность возникновенія сильныхъ волнъ въ морѣ подъ вліяніемъ землетрясеній и высказывали предположеніе, что такія волны образуются вслѣдствіе подводныхъ вулканическихъ изверженій. Нѣкоторыя изъ подобныхъ „моретря-

сеній“, быть-можетъ, дѣйствительно объясняются изверженіями, но во многихъ случаяхъ возникновеніе сильныхъ волнъ обусловливается землетрясеніемъ на берегахъ. Это неоднократно наблюдалось на берегахъ штата Гереро въ Мексикѣ. 1-го сентября 1754 г. въ Акапулько ощущалось сильнѣйшее землетрясеніе, „вслѣдствіе котораго море отступило отъ береговъ, и одинъ изъ кораблей оказался на сушѣ;



Рис. 14. Волнообразно изогнутая мостовая и рельсы при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

стѣны и укрѣпленія были сильно повреждены, и большая часть домовъ разрушена“. Это землетрясеніе ощущалось вплоть до столицы Мексики (приблизительно на разстояніи 290 километровъ по прямой линіи, и, быть-можетъ, еще и далѣе). 28-го марта 1787 г., въ полдень, морской берегъ отъ Акапулько до Ометепека, въ Гереро, подвергся также сильнѣйшему землетрясенію, относительно котораго завѣдую-

щій гаванью послалъ испанскому правительству подробный отчетъ. Результатомъ этого землетрясенія было то, что въ гавани Акапулько морской уровень безъ всякаго образованія волнъ въ теченіе 4 минутъ понизился на 10 футовъ и затѣмъ въ теченіе 6 минутъ поднялся на такую же высоту; такія колебанія морского уровня продолжались въ гавани



Рис. 15. Опусканіе полосы мостовой въ Мессинѣ (1909 г.).

Акапулько 24 часа. На побережьѣ Игуалапа вблизи Ометепека такое колебательное движеніе было, повидимому, еще сильнѣе, такъ какъ море послѣ землетрясенія отступило отъ береговъ на 4 километра и затѣмъ ринулось внутрь страны и затопило на 6 километровъ сушу, причемъ многіе изъ рыбаковъ погибли, и трупы ихъ остались висѣть на прибреж-

ныхъ деревьяхъ. Это землетрясеніе ощущалось во всей южной Мексикѣ и сказывалось въ столицѣ страны съ такою силою, что было повреждено не мало зданій: волна на морѣ, обусловленная землетрясеніемъ, сказывалась вплоть до перешейка Тегуантепека. 7-го апрѣля 1845 г. въ Акапулько снова наблюдалась морская приливная волна, образовавшаяся вслѣдствіе землетрясенія и распространившаяся до Санъ-Луисъ-Потози, т.-е. на разстояніе приблизительно 620 километровъ. То же самое наблюдалось и 14-го апрѣля 1907 г.;



Рис. 16. Выпучиваніе почвы волной землетрясенія въ Санъ-Франциско (1906 г.).

землетрясеніе повлекло образованіе волны, высота которой достигла 1,85 метра. Подобныя же волны образовывались и во время лиссабонскаго землетрясенія 1-го ноября 1755 г. и 16-го февраля 1816 г. Не можетъ подлежать никакому сомнѣнію, что эти волны происходили отъ землетрясенія, сотрясавшаго берега.

Извѣстно, что землетрясеніе очень различно *дѣйствуетъ на человѣка*: нѣкоторые люди чрезвычайно чувствительны къ нему. Мнѣ разсказывали, напримѣръ, что одинъ

мексиканскій майоръ, сидѣвшій со своимъ товарищемъ за ужиномъ, внезапно вскочилъ, выбѣжалъ на середину площади и закричалъ во всю мочь: „Землетрясеніе, землетрясеніе“. Товарищи его засмѣялись надъ нимъ, но въ тотъ же самый моментъ и они почувствовали колебаніе почвы; онъ ощутилъ, слѣдовательно, землетрясеніе болѣе чѣмъ за полминуты до его наступленія! Еще греки замѣтили, что домашнія животныя раньше ощущаютъ землетрясеніе, чѣмъ люди;



Рис. 17. Городская ратуша въ Санъ-Франциско. Разрушеніе всей каменной облицовки при сохраненіи желѣзной основы.

этотъ фактъ подтверждается многократно и въ новѣйшей литературѣ о землетрясеніяхъ. Мнѣ самому пришлось не разъ наблюдать, что куры и гуси начинаютъ обнаруживать безпокойство, и непосредственно вслѣдъ затѣмъ ощущается землетрясеніе. Въ 1900 г. я однажды ѣхалъ верхомъ въ горахъ, и вдругъ неожиданно мой мулъ остановился и прочно разставилъ свои ноги,—непосредственно вслѣдъ за этимъ я почувствовалъ сильныя колебанія почвы. Къ разсказу Гум-

больдта о томъ, что въ сѣверной части Южной Америки аллигаторы при землетрясеніи съ громкимъ ревомъ выходятъ изъ рѣки, надо, однако, относиться съ осторожностью; на берегахъ Тереро, гдѣ аллигаторовъ очень много, мнѣ никогда не приходилось слышать ничего подобнаго. Я не наблюдалъ также никогда, чтобы животныя обнаруживали въ теченіе цѣлой недѣли безпокойство передъ сильнымъ землетрясеніемъ, и полагаю, что всѣ такія сообщенія основываются на слишкомъ живой фантазіи сообщающихъ.

У многихъ людей волнообразное движеніе почвы при землетрясеніи вызываетъ болѣзненное состояніе, совершенно сходное съ морскою болѣзнью —при этомъ обнаруживается даже рвота, если землетрясеніе продолжается болѣе долгое время.

Сообщаютъ также и о нѣкоторыхъ другихъ явленіяхъ, сопровождающихъ иногда землетрясенія. Наиболѣе обычными спутниками землетрясенія должно считать звуковыя явленія. Они наблюдаются въ особенности въ области эпицентра и иногда распространяются на значительное разстояніе; передъ наступленіемъ землетрясенія замѣчается грохотъ, подобный грому, глухіе раскаты, трескъ, шумъ, сопровождающій движенія почвы и нерѣдко замѣчающійся, когда сотрясеніе почвы уже прекратилось. Случается, что начальный звукъ походитъ на короткій выстрѣлъ или взрывъ. Сила такихъ звуковъ отнюдь не соотвѣтствуетъ силѣ самого землетрясенія, —слабыя землетрясенія нерѣдко предшествуются очень продолжительными и сильными звуковыми явленіями, тогда какъ сильныя—часто сопровождаются лишь короткими и слабыми раскатами подземнаго грохота. Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ даже наблюдаются иногда подземные звуки, не связанные съ сотрясеніями земной коры. Знаменитыми въ этомъ отношеніи являются подземные шумы, такъ называемые „брамидосы", наблюдаемые въ Гуанахуато, въ Мексикѣ,—они появлялись періодически, напримѣръ, съ 9-го января до середины февраля 1874 г. Извѣстны также подземные громы Боденскаго озера, „пушечные выстрѣлы", „guns of Barisal",—въ устьѣ Ганга, „mistpoeffers"—въ Бельгіи и Голландіи, „marina"—въ Италіи и т. п. Относительно происхожденія этихъ звуковъ, равно какъ и происхожденія звуковъ, сопровождающихся землетрясеніями, вопросъ остается до настоящаго времени совершенно еще не выясненнымъ, несмотря на то, что въ этомъ направленіи имѣются различныя изслѣдованія. Обыкновенно предпола-

гаютъ, соотвѣтственно съ мнѣніемъ К. Г. Кнотта, что дѣло касается въ данномъ случаѣ чрезвычайно быстрыхъ и отрывистыхъ колебаній почвы, имѣющихъ такую малую амплитуду, что они не отмѣчаются даже и сейсмометрами. Это могло бы, однако, объяснить лишь шумы, предшествующіе землетрясенію или происходящіе безъ землетрясенія. I. Кнеттъ объясняетъ звуковыя явленія, сопровождающія землетрясенія, возникновеніемъ колебаній такъ называемыхъ „медленныхъ волнъ“ (см. главу о природѣ волнъ землетрясеній); I. Мильнъ, напротивъ, думаетъ, что звуки образуются вслѣдствіе медленнаго взаимнаго тренія отдѣльныхъ глыбъ горныхъ породъ, ведущаго къ эластическимъ колебаніямъ, подобно тому, какъ это происходитъ, когда мокрымъ пальцемъ трутъ о край стакана.

Иногда при землетрясеніяхъ будто бы наблюдаются и огненныя явленія. Въ большинствѣ случаевъ это, конечно, продукты фантазіи, но при вулканическихъ землетрясеніяхъ ночью, быть-можетъ, и дѣйствительно наблюдалось появленіе пламени; однако, достовѣрныхъ и научно подтвержденныхъ наблюденій въ этомъ направленіи мы до настоящаго времени не имѣемъ.

Нерѣдко въ сообщеніяхъ о землетрясеніяхъ, въ особенности, когда дѣло касается крупныхъ катастрофическихъ землетрясеній, мы находимъ увѣренія, что наблюдался сильный запахъ сѣры. При вулканическихъ землетрясеніяхъ, конечно, дѣйствительно могло происходить выхожденіе газовъ, запахъ которыхъ сходенъ съ запахомъ горящей сѣры, но въ большинствѣ случаевъ и въ этомъ отношеніи, вѣроятно, имѣетъ мѣсто простой обманъ чувствъ, и то, что считалось запахомъ сѣры, является, на самомъ дѣлѣ, запахомъ пыли, происходящей отъ разрушенія зданій и стѣнъ. Такъ оно было, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ случаяхъ, когда мнѣ самому удавалось проконтролировать подобныя заявленія.

Нерѣдко утверждаютъ, что землетрясенія вызываютъ измѣненія погоды, и на старинныхъ барометрахъ даже, на ряду съ общеизвѣстными надписями „Ясно“, „Перемѣнчиво“, „Дождь“ и т. п., при самомъ низкомъ стояніи барометра стоитъ нерѣдко и слово „Землетрясеніе“. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, дѣйствительно, можно было установить, что при низкомъ стояніи барометра землетрясенія случаются чаще, чѣмъ при высокомъ, и это объяснялось тѣмъ, что съ уменьшеніемъ давленія воздуха разрѣшаются, такъ сказать,

тектоническія землетрясенія; какъ бы то ни было, мы не можемъ высказаться относительно этого вопроса вполнѣ опредѣленно, такъ какъ наблюденій вблизи эпицентровъ землетрясеній было пока недостаточно.

Во многихъ случаяхъ во время землетрясеній наблюдалось, что магнитная стрѣлка и магнетографы (чувствительные инструменты, которые автоматическимъ способомъ при помощи фотографіи регистрируютъ движеніе магнитной стрѣлки) обнаруживаютъ неправильныя колебанія. Многіе изъ



Рис. 18. Обвалъ угла арки Леландъ-Станфордскаго университета при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

этихъ случаевъ сводятся къ прямому механическому воздѣйствію, но въ другихъ случаяхъ, особенно по наблюденіямъ, сдѣланнымъ въ Японіи, магнитныя возмущенія какъ-будто постоянно на нѣсколько дней предшествуютъ землетрясеніямъ и обнаруживаются прежде всего и сильнѣе всего вблизи будущаго эпицентра. Затѣмъ нѣсколько слабѣе они сказываются на болѣе удаленныхъ станціяхъ. Если бы такія наблюденія подтвердились и оказались бы имѣющими общее

значеніе, то передъ нами открылась бы возможность предсказывать наступленіе землетрясеній. Къ сожалѣнію, новѣйшія европейскія наблюденія не подтверждаютъ наблюденій японскихъ; все же этотъ вопросъ нельзя еще считать окончательно рѣшеннымъ.



Рис. 19. Трещины въ видѣ буквы X въ стѣнѣ дома при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

Точно такъ же въ связь съ землетрясеніями приводились колебанія географической широты или перемѣщенія полюса, но и въ этомъ отношеніи не пришли пока ни къ какимъ вполнѣ опредѣленнымъ и надежнымъ результатамъ.

Мы должны остановиться здѣсь еще на одномъ явленіи, хотя оно, собственно говоря, и не представляетъ собою явленія, сопутствующаго землетрясеніямъ. Неоднократно наблюдалось, что въ областяхъ, которыя подвержены частымъ землетрясеніямъ, нѣкоторыя мѣстности страдаютъ отъ послѣднихъ очень мало или даже вовсе ими не затрагиваются. Такія мѣстности получили названіе „острововъ землетрясеній“. Это явленіе объясняется строеніемъ данныхъ частей земной коры. Намъ извѣстно, что землетрясенія оказываютъ особенно разрушительное вліяніе на тѣ предметы или зданія, которыя стоятъ на рыхлой, песчаной, галечной или сланцевой почвѣ, тогда какъ въ твердой горной породѣ даже сильные подземные толчки какъ бы совершенно теряются.

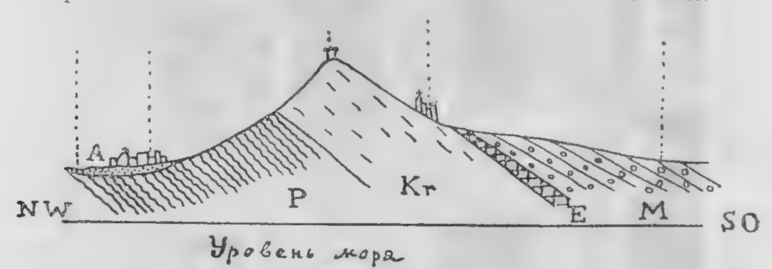


Рис. 20. Геологическій разрѣзъ чрезъ гору Конзолино въ Калабріи.
(По Бассана и Лоренцо).
P — филлиты. *Kr* — мѣлоподобный известнякъ. *E* — верхне-эоценовые слои. *M* — верхне-третичныя отложенія. *A* — аллювіальные конгломераты.

Прекраснымъ примѣромъ тому можетъ служить Коль-ди-Пера, хребетъ изъ известняка, находящійся въ окрестностяхъ Беллуно; располагающіяся на немъ мѣстности почти вовсе не были повреждены ужаснымъ землетрясеніемъ 29-го іюня 1873 г., тогда какъ деревни, находившіяся вокругъ и расположенныя на почвѣ, состоящей изъ обломочныхъ породъ, большею частью совершенно были разрушены. Другой примѣръ представляютъ селенія Стило и Бивонги въ южной Италіи (рис. 20); изъ нихъ Стило расположено на массивномъ пластѣ известняка, тогда какъ Бивонги—на конгломератахъ, лежащихъ на сланцѣ. Послѣднее селеніе при каждомъ землетрясеніи чрезвычайно сильно страдаетъ, между тѣмъ

какъ Стило оказывается совершенно незатронутымъ. Что массивныя скопленія обломочныхъ породъ могутъ также дѣйствовать предохраняюще, объ этомъ мы говорили уже выше.

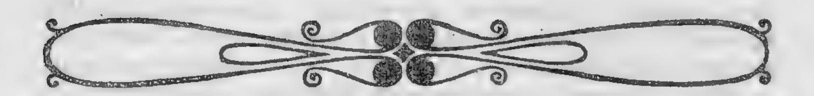
Если во время землетрясенія вершина волны встрѣтится съ углубленіемъ волны, то въ этомъ мѣстѣ толчокъ долженъ совершенно не ощущаться, землетрясеніе распространится на глубину подъ этой незатронутой имъ областью и



Рис. 21. Обвалъ передней стѣны дома въ Мессинѣ (1909 г.).

выйдетъ снова на поверхность лишь на нѣкоторомъ разстояніи; такую область, остающуюся спокойною во время землетрясенія, Лазо называетъ „мостомъ землетрясенія“. Нельзя отрицать, что такія области, дѣйствительно, могутъ существовать, но существуютъ ли онѣ на самомъ дѣлѣ, не удалось до сихъ поръ подтвердить прямымъ наблюденіемъ.





3. Сила, продолжительность и распространеніе землетрясеній.

Чтобы возможно было сравнивать между собой различныя землетрясенія по ихъ силѣ и обнаруживать, насколько эта сила убываетъ отъ эпицентра къ окружности, была давно уже установлена скала силы или интенсивности землетрясеній. Чаще всего примѣняется *ска́ла землетрясеній Росси-Фореля*, которая совершенно условна и состоитъ изъ слѣдующихъ 10 классовъ:

I классъ. Микросейсмическія движенія, отмѣченныя однимъ или нѣсколькими сейсмографами того же самаго устройства, но недостаточныя для того, чтобы привести въ движеніе сейсмографы различныхъ конструкцій. Движенія, устанавливаемыя лишь опытнымъ наблюдателемъ.

II классъ. Толчокъ, отмѣченный сейсмографами различныхъ системъ и установленный небольшимъ числомъ наблюдателей, находившихся въ состояніи покоя.

III классъ. Сотрясеніе, наблюдавшееся многими лицами въ состояніи покоя, настолько сильное, что могутъ быть опредѣлены его продолжительность и направленіе.

IV классъ. Землетрясеніе, наблюдавшееся многими лицами, занятыми своею дѣятельностью; сотрясеніе различныхъ подвижныхъ предметовъ (оконъ, дверей), трескъ потолковъ.

V классъ. Сотрясеніе, наблюдавшееся всѣмъ населеніемъ данной области; сотрясеніе болѣе крупныхъ предметовъ, какъ-то: мебель, кровати; звонъ нѣкоторыхъ дверныхъ колокольчиковъ.

VI классъ. Пробужденіе всѣхъ, кто спитъ; звонъ всѣхъ колокольчиковъ; колебаніе люстръ, остановка часовъ, замѣтное колебаніе деревьевъ и кустовъ. Нѣкоторые люди въ испугѣ покидаютъ дома.

VII классъ. Паденіе подвижныхъ предметовъ, обваливаніе гипсовыхъ украшеній на потолкѣ и на стѣнахъ, удары колоколовъ на церковныхъ колокольняхъ, всеобщій испугъ; поврежденія построекъ еще не наблюдается.

VIII классъ. Обваливаются печи и камины, образуются трещины въ стѣнахъ построекъ.

IX классъ. Частичное или полное разрушеніе отдѣльныхъ построекъ.

X классъ. Величайшее бѣдствіе и разрушеніе, обвалъ пластовъ земли, возникновеніе трещинъ въ земной корѣ, горные обвалы.



Рис. 22. Полное разрушеніе дома при землетрясеніи въ Санъ-Франциско (1906 г.).

Эта скáла примѣнима къ тѣмъ случаямъ, когда не имѣется никакихъ наблюденій, сдѣланныхъ при помощи инструментовъ, но она годится лишь для условій, встрѣчаемыхъ въ Европѣ; какъ только мы ее примѣнимъ къ дѣйствію на постройки изъ сырцоваго кирпича или на хижины изъ плетня, такъ ея указанія обнаруживаютъ полное несоотвѣтствіе. Потому пытались неоднократно ввести какую-нибудь абсолютную величину, которая основывалась бы на

инструментальныхъ наблюденіяхъ. Подобная скáла была составлена для Японіи японскимъ ученымъ Оморп, но всеобщее распространеніе получила скáла, принятая Международной Комиссіей по изученію землетрясеній, составленная Канкани. Она въ качествѣ единицы пользуется „наибольшимъ ускореніемъ“. Наибольшимъ ускореніемъ называется, по Зибергу, толчокъ или внезапное движеніе, съ которымъ частица земной коры приходитъ въ движеніе, или съ которымъ она продолжаетъ колебаться; оно наблюдается въ двухъ крайнихъ точкахъ поворота колебанія, въ которыхъ обращается скорость движенія. Это наибольшее ускореніе вычисляется при помощи очень простой формулы изъ размаха колебанія (изъ амплитуды) и изъ продолжительности колебанія (изъ періода), причемъ эти величины могутъ отсчитываться изъ показаній сейсмографа.

Скáла Канкани слѣдующимъ образомъ комбинируется со скáлой Фореля, которая въ послѣднихъ классахъ своихъ была расширена Меркалли:

Классъ.	Признаки.	Наибольшее ускореніе выраж. въ мм. въ секунду.
I	Толчокъ, замѣчаемый лишь инструментами .	Менѣе 2,5
II	Очень легкій толчокъ	2,5 — 5
III	Легкій толчокъ	5 — 10
IV	Чувствительный толчокъ	10 — 25
V	Довольно сильный толчокъ	25 — 50
VI	Сильный толчокъ	50 — 100
VII	Очень сильный толчокъ	100 — 250
VIII	Разрушительный толчокъ	250 — 500
IX	Опустошительный толчокъ	500 — 1000
X	Весьма опустошительный	1000 — 2500
XI	Катастрофа	2500 — 5000
XII	Тяжкая катастрофа	5000 — 10000

Если на географическую карту нанести мѣстности, подвергшіяся землетрясенію, то затѣмъ можно ту область, всѣ мѣста которой испытали одинаковую силу удара, очертить особой линіей, которая называется изосейстой. Прежде этотъ методъ примѣнялся очень часто (рис. 24), но надо замѣтить, что при этомъ сила землетрясенія значительно зависитъ отъ свойства грунта и отъ индивидуальныхъ качествъ наблюдателя, особенно если для наблюденій не имѣлось большого числа сейсмографовъ; потому за послѣднее время стали предпочитать просто выставлять для каждой мѣстности цифру, соотвѣтствующую классу скáлы, не ограничивая ли-



Рис. 23. Полное разрушеніе дома вслѣдствіе недостаточно прочной связи между стѣнами и крышею. Землетрясеніе въ Санъ-Франциско (1906 г.).

ніями мѣстности одинаковой силы землетрясенія. Швейцарскій изслѣдователь землетрясеній Форель предложилъ еще другой способъ раздѣленія на сейсмическіе классы; оно основывается на распространеніи землетрясеній. Форель различаетъ 5 классовъ въ зависимости отъ поперечника подвергшихся землетрясенію областей: до 5 километровъ, между 5 и 50 километрами, между 50 и 150 километрами, между 150 и 500 километрами и болѣе 500 километровъ.

Должно, впрочемъ, замѣтить, что сила землетрясеній въ болѣе глубокихъ слояхъ, по наблюденіямъ, производившимся

въ глубокихъ шахтахъ, оказывается меньше силы, проявляющейся на земной поверхности. Нерѣдко на поверхности земли ощущалось довольно сильное землетрясеніе, тогда какъ въ глубокихъ шахтахъ землетрясенія вовсе не замѣчалось или оно ощущалось въ очень слабой степени. Это обусловливается тѣмъ, что на поверхности тѣла могутъ колебаться свободно, тогда какъ въ глубинѣ, вслѣдствіе давленія верхнихъ слоевъ земли, колеблющіяся точки должны имѣть лишь гораздо меньшую амплитуду.

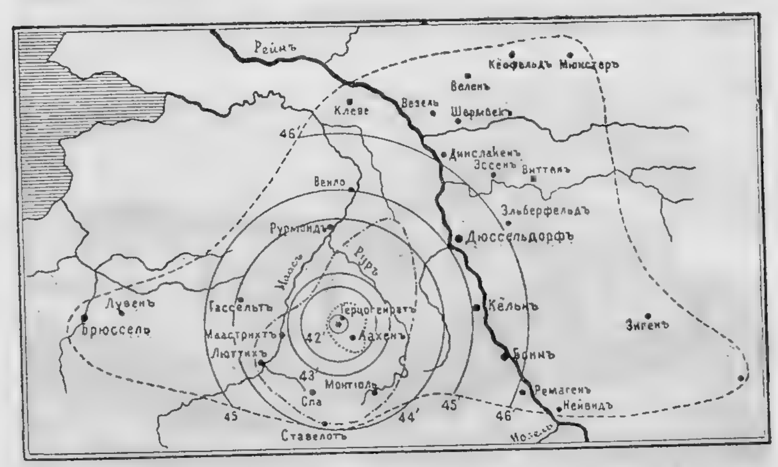


Рис. 24. Герцогенратское землетрясеніе.
22-го октября 1873 г. По Лазо.

——— Гомосейсты въ промежуткѣ 1 минуты.
.... Плейстосейсты, граница области, сильнѣе всего подвергшейся землетрясенію.
—·—· I. Изосейста, граница области, сильнѣе всего подвергшейся землетрясенію.
– – – II. Изосейста, граница области, ощутимо подвергшейся землетрясенію.
* Эпицентръ.

Указанія на продолжительность землетрясеній не имѣютъ въ общемъ большого значенія; каждому извѣстно, что страхъ и возбужденіе заставляютъ насъ считать длительность катастрофы гораздо большей, чѣмъ она есть на самомъ дѣлѣ. Я неоднократно съ часами въ рукахъ наблюдалъ землетрясенія и затѣмъ просилъ окружающихъ опредѣлить ихъ продолжительность; такія опредѣленія давали

всегда несравненно болѣе крупныя цифры, чѣмъ непосредственныя наблюденія нерѣдко землетрясенія считали вдвое и втрое дольше дѣйствительнаго. Особенно мало довѣрія въ этомъ отношеніи заслуживаютъ указанія лѣтописей, газетъ и мало цивилизованныхъ туземцевъ.

Нерѣдко очень трудно опредѣлить продолжительность землетрясенія, особенно если толчки слѣдуютъ одинъ за другимъ безъ остановки; въ такомъ случаѣ, большею частью, все же можно отличить главный періодъ землетрясенія; онъ можетъ продолжаться и доли секунды, и нѣсколько минутъ. Съ продолжительностью землетрясенія, однако, вовсе не увеличивается его сила,—напротивъ, часто именно продолжительныя землетрясенія не отличаются силой, тогда какъ отдѣльные короткіе толчки обнаруживаютъ сильнѣйшее разрушительное дѣйствіе.

По всѣмъ вѣроятіямъ, никогда не наблюдалось землетрясенія, которое состояло бы изъ одного единственнаго сильнаго толчка,—исключеніе составляютъ лишь землетрясенія, происходящія вслѣдствіе обвала. Всегда за главнымъ толчкомъ или за состоящимъ изъ многихъ толчковъ главнымъ періодомъ землетрясенія происходятъ еще въ теченіе нѣсколькихъ дней, недѣль и иногда даже мѣсяцевъ и лѣтъ болѣе слабые толчки, численность и частота которыхъ постепенно убываютъ. Такія сотрясенія, происшедшія послѣ главнаго, называются послѣдующими толчками. Было замѣчено, что число такихъ послѣдующихъ толчковъ стоитъ въ связи съ силою и продолжительностью главнаго землетрясенія и съ его протяженіемъ — именно, чѣмъ значительнѣе поверхность, охваченная главнымъ землетрясеніемъ, тѣмъ меньше число послѣдующихъ толчковъ, и, наоборотъ, чѣмъ сильнѣе главное землетрясеніе, и чѣмъ меньше охваченная имъ поверхность, тѣмъ многочисленнѣе послѣдующіе толчки.

Если очень значительное число толчковъ непосредственно слѣдуетъ другъ за другомъ, то говорятъ о періодѣ землетрясенія. Такіе періоды наблюдаются довольно часто и продолжаются нерѣдко въ теченіе года, какъ, напримѣръ, это наблюдалось при великомъ калабрійскомъ землетрясеніи, которое началось въ 1783 г. и продолжалось затѣмъ въ видѣ ряда сотрясеній почвы въ теченіе 4 лѣтъ. Великій Фогтлендскій періодъ землетрясеній продолжался даже съ 1875 по 1900 г. Нерѣдко подобный періодъ начинается рядомъ слабыхъ землетрясеній, которыя длятся въ теченіе

ряда дней или даже недѣль, пока, наконецъ, не наступитъ главный толчокъ; за нимъ слѣдуютъ опять болѣе слабые толчки, постепенно уменьшающіеся въ силѣ до тѣхъ поръ, пока все снова не успокоится. Подобные періоды землетрясеній съ очень большимъ количествомъ толчковъ, длящіеся весьма продолжительное время, называются роями землетрясеній.

Мы видѣли выше, что Перре и Фальбъ высказывали предположеніе относительно вліянія противостояній луны на частоту землетрясеній; эта теорія была оставлена, но все же было доказано, что въ опредѣленныя времена года и времена дня землетрясенія случаются чаще, чѣмъ въ другія. Такъ было замѣчено, что на сѣверномъ полушаріи землетрясенія зимою и осенью бываютъ чаще, чѣмъ лѣтомъ и весною. Предполагаютъ, что это соотношеніе основывается на различіяхъ воздушнаго давленія, причемъ главную роль играютъ разности въ воздушномъ давленіи, а не абсолютныя показанія барометрическаго давленія.

Пробовали также выяснить, не встрѣчаются ли землетрясенія чаще въ опредѣленные часы дня. Ничего болѣе достовѣрнаго въ этомъ отношеніи не удалось, однако, установить, тѣмъ болѣе, что въ прежнія времена не производилось инструментальныхъ наблюденій. Быть-можетъ, въ будущемъ съ помощью инструментовъ удастся добиться въ этомъ отношеніи лучшихъ результатовъ. По показаніямъ сейсмографовъ въ Шильонѣ Ольдгемъ установилъ, что въ этой области большая часть землетрясеній приходится между 10 и 11 часами ночи и 6 и 7 часами утра. Въ виду того, однако, что наблюденія Ольдгема охватываютъ лишь $4^1/_2$ года, изъ нихъ нельзя еще вывести никакой вполнѣ точно установленной законности. Всякая статистика, основывающаяся на непосредственномъ наблюденіи землетрясеній людьми безъ помощи инструментовъ, является, конечно, ошибочной и не можетъ быть сравниваема съ инструментальными наблюденіями; все же заслуживаетъ нѣкотораго вниманія, что по даннымъ В. Г. Креднера землетрясенія въ Саксоніи съ 1889 по 1897 г. приходились въ значительно большемъ числѣ случаевъ на ночные часы, чѣмъ на дневные.

Въ общемъ, можно сказать, что всѣ отдѣлы науки о землетрясеніяхъ, основывающіеся на статистикѣ, пока все еще очень ненадежны, такъ какъ лишь за последнее время было основано нѣсколько большее количество станцій, снаб-

женныхъ автоматически регистрирующими инструментами, а только такія станціи и могутъ положить основаніе болѣе точной статистикѣ.

Нерѣдко наблюдалось, что въ двухъ различныхъ мѣстностяхъ землетрясенія происходятъ одновременно. Это заставляетъ предполагать, что одно изъ такихъ землетрясеній обусловливаетъ другое, и что въ этой второй области уже имѣлись въ скрытомъ состояніи нѣкоторыя натяженія, которыя были разрѣшены движеніями въ земной корѣ, вызванными первымъ землетрясеніемъ. Такъ, напримѣръ, при граубюнденскомъ землетрясеніи 7-го января 1880 г., за предѣлами настоящей области землетрясенія, въ различныхъ пунктахъ, отдѣленныхъ областями, остававшимися въ полномъ спокойствіи, напримѣръ, въ Гларусѣ и въ Давосѣ, произошли также замѣтныя колебанія почвы. А. Геймъ истолковалъ таковыя какъ вторичныя землетрясенія; иначе говоря, землетрясенія, обусловленныя граубюнденскимъ и вызванныя тѣмъ, что микросейсмическія волны граубюнденскаго землетрясенія разрѣшили натяженіе, существовавшее внѣ области макросейсмическаго колебанія почвы. Такое совпаденіе могло бы, конечно, быть случайнымъ, но намъ извѣстны и другіе примѣры, которые едва ли могутъ быть истолкованы случаемъ. Такъ, Зюссъ показалъ, что неоднократно наблюдались одновременныя землетрясенія въ Каринтіи, въ сѣверномъ Штейермаркѣ и въ Верхней Австріи; онъ приводитъ, напримѣръ, слѣдующее сопоставленіе:

Каринтія.	Сѣв. Штейермаркъ и Верхняя Австрія
24 декабря 1857 г. Землетрясеніе въ Розеггѣ при Виллахѣ.	Многократные толчки въ Спиталѣ, Виндишъ-Гарстенѣ, Лиценѣ и Адмонтѣ.
25 декабря утромъ многочисленные толчки въ Розеггѣ, Сентъ-Вейтѣ, до Клагенфурта, Тиринга Оссіаха.	Утромъ въ Лиценѣ и Виндишъ-Гарстенѣ, вечеромъ въ Виндишъ-Гарстенѣ.
26 декабря.	Утромъ тамъ же.
28 декабря въ Каринтіи, на ночь 29 декабря въ Розеггѣ.	
29 декабря—въ Розеггѣ.	

Можно привести цѣлый рядъ подобныхъ одновременныхъ землетрясеній, но настоящую доказательную силу всѣ такія наблюденія получатъ лишь, когда они будутъ произведены съ помощью инструментовъ, такъ какъ лишь въ этомъ случаѣ можно получить полную увѣренность относительно истинной разности во времени, наблюдающейся между этими землетрясеніями.

Существуетъ цѣлый рядъ теорій, объясняющихъ вторичныя землетрясенія (Relais-beben). Рейеръ предполагаетъ, что во многихъ случаяхъ они сводятся къ общимъ космическимъ причинамъ, напримѣръ, къ силѣ притяженія луны, которая разрѣшаетъ одновременно тектоническія натяженія въ тектонически независимыхъ областяхъ. Ласка полагаетъ, что одновременныя землетрясенія могутъ происходить благодаря измѣненію атмосфернаго давленія на большомъ разстояніи. Чаще всего, однако, принимается объясненіе, данное Лазо въ слѣдующихъ выраженіяхъ: „Если въ какой-либо области происходитъ сотрясеніе почвы, то оно можетъ вызвать послѣдующія новыя сотрясенія благодаря тому, что существующее натяженіе разрѣшается возбужденіемъ, прибавляющимся извнѣ. Какъ землетрясенія, основывающіяся на обвалахъ, такъ и тектоническія землетрясенія могутъ, такимъ образомъ, возникать внѣ области распространенія колебанія почвы, вызваннаго предшествующимъ землетрясеніемъ, но они все же болѣе или менѣе непосредственно слѣдуютъ за послѣднимъ, являясь вторично имъ вызванными. Благодаря внутренней связи, въ которой находятся трещины горъ, простирающіяся нерѣдко на обширныя области, какъ-разъ у тектоническихъ землетрясеній повышается особенно возможность образованія такихъ вторичныхъ землетрясеній“.

Въ связи со вторичными землетрясеніями нельзя не упомянуть о гипотезѣ Оддона, который объясняетъ такъ называемые послѣдующіе толчки тѣмъ, что они вызываются волнами, отражающимися съ противоположной стороны земного шара и возвращающимися назадъ; Оддонъ замѣтилъ, что нерѣдко послѣ опредѣленнаго промежутка наступаетъ сильнѣйшее повторное землетрясеніе, и что этотъ промежутокъ приблизительно соотвѣтствуетъ времени, которое затрачивается волною землетрясенія на прохожденіе до противоположной стороны земного шара и назадъ.

Въ очень затруднительномъ положеніи оказываемся мы, если желаемъ выяснить распредѣленіе очаговъ

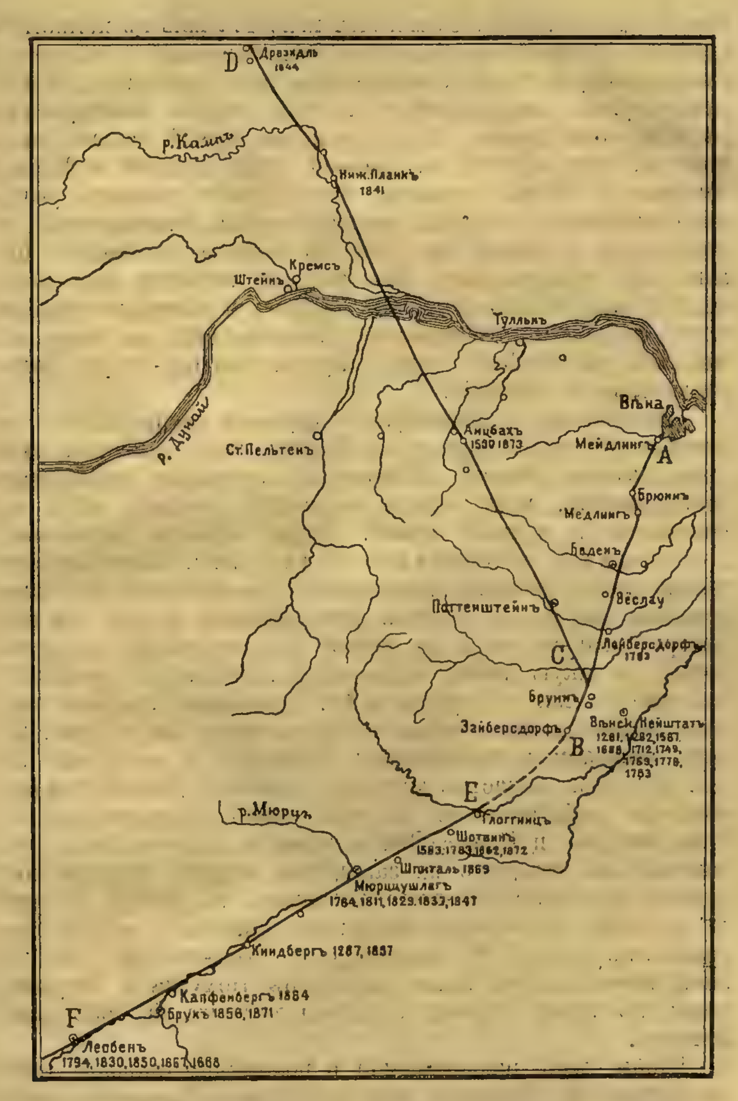


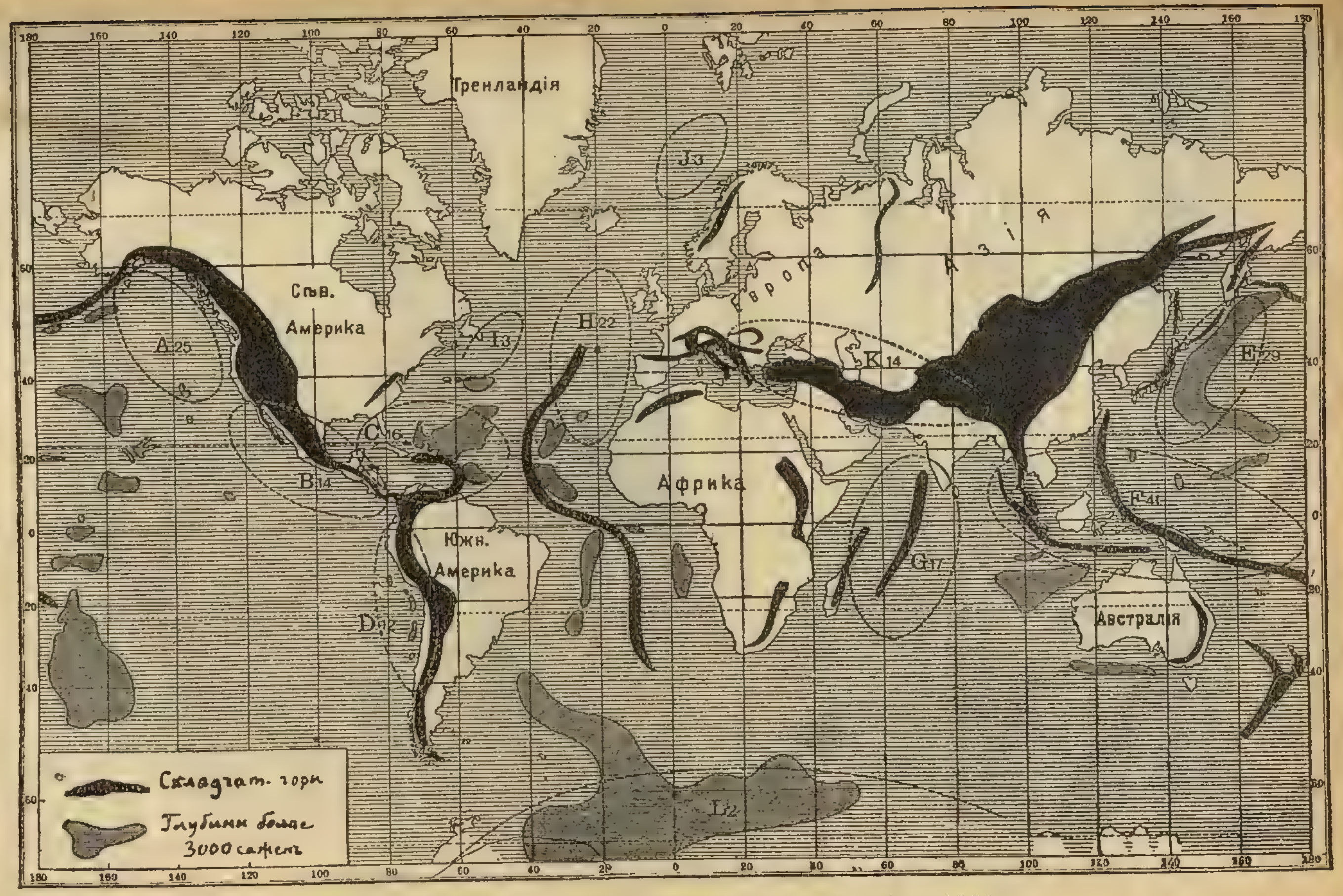
Рис. 25. Линіи обычныхъ толчковъ Нижней Австріи.
По Зюссу.

AB—термическая линія. *CD*—камиская линія. *EF*—мюрцская линія. Цифры обозначаютъ годы, когда наблюдались сильныя землетрясенія.

землетрясеній на земномъ шарѣ. Лишь въ немногихъ странахъ положеніе эпицентровъ землетрясеній установлено сколько-нибудь точно и подробно и лишь для этихъ странъ существуютъ сколько-нибудь полные списки землетрясеній за нѣкоторый періодъ. Если представить себѣ только, какія колоссальныя области внутренней Азіи, Средней и Южной Америки и Африки остаются безъ всякихъ точныхъ указаній относительно числа и распространенія землетрясеній, то ясно, какіе огромные пробѣлы въ нашихъ познаніяхъ должны еще существовать. Къ тому же имѣются пока почти недоступныя области полярныхъ странъ и обширныя поверхности океановъ, относительно землетрясеній на которыхъ мы лишь за послѣдніе годы получили сколько-нибудь болѣе значительныя свѣдѣнія.

Сильнѣе всего продвинулось изученіе распредѣленія землетрясеній въ Европѣ и въ Японіи; намъ извѣстны тамъ опредѣленныя области, въ которыхъ постоянно происходятъ землетрясенія, хотя иногда въ теченіе многихъ лѣтъ наблюдается и полный покой. Такія области называются „обычными областями толчковъ". Если имѣется цѣлый рядъ обычныхъ эпицентровъ, изъ которыхъ постоянно исходятъ все новыя и новыя землетрясенія, и если эти эпицентры располагаются по прямой или правильно изогнутой линіи, то такую линію называютъ „линіей обычныхъ толчковъ или сотрясеній". Подобными линіями толчковъ являются нанесенныя на прилагаемую карту (рис. 25) такъ называемыя термическая, кампская и мюрцская линіи. Обычною областью толчковъ является долина Рейна и обычная линія толчковъ въ ней — линія, соединяющая города Бингенъ и Клеве. Линію толчковъ колоссальнаго протяженія мы находимъ на западномъ берегу Мексики; она тянется отъ устья Ріо-де-ласъБальзасъ въ штатѣ Герреро до береговъ Ямилтепека въ штатѣ Оаксака и имѣетъ протяженіемъ около 500 километровъ; быть-можетъ, къ этой линіи принадлежитъ также эпицентръ Похутла и Тегуантепека; въ этомъ случаѣ ея длина достигла бы 855 километровъ.

Чтобы дать представленіе о положеніи главнаго очага землетрясеній, Мильнъ нанесъ на карту эпицентры катастрофическихъ землетрясеній за 1899—1901 гг.; слѣдовательно, землетрясеній, волны которыхъ записывались на разстояніи болѣе половины земной окружности сейсмографами различныхъ станцій, — эту карту мы здѣсь воспроиз-



Карта важнѣйшихъ очаговъ землетрясеній за 1899—1901 гг.

водимъ (табл. I). Пунктирныя линіи охватываютъ группы эпицентровъ, обозначенныя буквами отъ *A* до *L*; стоящія рядомъ цифры указываютъ число крупныхъ землетрясеній, происходившихъ съ 1899 по 1901 годъ. Изъ карты ясно, что большинство землетрясеній приходится либо всецѣло на океанъ (5), либо отчасти на океанъ и отчасти на сушу (6), и лишь одна группа эпицентровъ принадлежитъ цѣликомъ сушѣ. Противъ метода Мильна можно возразить очень многое; прежде всего должно не упускать изъ виду, что положеніе многихъ эпицентровъ опредѣлялось лишь изъ сейсмограммъ, что можетъ повести къ значительнымъ ошибкамъ. Какъ бы то ни было, эта карта даетъ все же нѣкоторое представленіе о распредѣленіи наиболѣе важныхъ центровъ землетрясеній въ теченіе опредѣленнаго періода времени.



4. Инструменты для наблюденій надъ землетрясеніями.

Прежде, чѣмъ перейти къ дальнѣйшему разсмотрѣнію природы землетрясеній, глубины ихъ возникновенія, скорости ихъ распространенія и т. п., мы должны остановиться хотя бы на краткомъ описаніи тѣхъ инструментовъ, которые служатъ для наблюденія надъ землетрясеніями, такъ какъ только эти инструменты даютъ намъ возможность рѣшать всѣ задачи, стоящія въ связи со скоростью распространенія землетрясеній.

Эти инструменты, называющіеся сейсмометрами и сейсмографами, въ настоящее время довольно многочисленны. Уже за 136 лѣтъ до Р. Хр. у китайцевъ имѣлся такой аппаратъ, который указывалъ направленіе толчка во время землетрясенія; это былъ полый шаръ, внутри котораго находился маятникъ, тогда какъ съ наружной стороны имѣлось 8 головъ драконовъ, соотвѣтственно 8-ми главнымъ направленіямъ компаса; въ пасти каждаго дракона лежалъ свободно маленькій шарикъ. Въ зависимости отъ направленія толчка землетрясенія, тотъ или другой изъ шариковъ падалъ внизъ въ открытую пасть лягушки.

Въ Европѣ первый сейсмометръ, отмѣчавшій также лишь направленіе толчка, былъ изобрѣтенъ во Франціи аббатомъ де Готфейль; это былъ плоскій сосудъ, наполненный ртутью, изъ котораго рядъ желобковъ велъ въ болѣе глубокій сосудъ съ соотвѣтствующими каждому желобку чашечками; такимъ образомъ, при каждомъ землетрясеніи нѣкоторое количество ртути должно было вытечь въ опредѣленномъ направленіи, и по количеству вытекшаго металла можно было судить о силѣ землетрясенія.

Позднѣе было построено большое число сейсмографовъ, такъ что Элертъ въ 1897 году насчитывалъ уже 200 системъ такихъ инструментовъ, а съ того времени число ихъ

еще болѣе возросло. Элертъ раздѣляетъ всѣ роды этихъ инструментовъ на три класса: 1) сейсмоскопы, которые отмѣчають лишь время наступленія землетрясенія, 2) сейсмометры, отмѣчающіе время, амплитуду колебаній, продолжительность и до нѣкоторой степени также направленіе землетрясеній, и 3) мареографы—инструменты, служащіе для наблюденія за колебаніями уровня моря и отмѣчающіе поэтому волны, обусловленныя землетрясеніемъ.

Мы не можемъ здѣсь, за недостаткомъ мѣста, изложить исторію развитія инструментовъ, служившихъ для наблюденія надъ землетрясеніями; мы не можемъ даже перечислить ихъ и дать описаніе самыхъ главныхъ изъ нихъ. Мы остановимся лишь на описаніи важнѣйшихъ системъ, которыя употребляются въ настоящее время.

Для того, чтобы отмѣчать движенія земной коры, мы должны, во-первыхъ, имѣть неподвижную или „стаціонарную“ массу, по которой движенія земли могли бы измѣряться, и, во-вторыхъ, записываніе движеній земли должно быть связано съ постояннымъ отмѣчаніемъ времени. Для того, чтобы получить абсолютно неподвижную массу, пользуются обыкновенно маятникомъ, и именно примѣняются 3 главныхъ рода маятниковъ: 1) простой вертикальный маятникъ, 2) горизонтальный маятникъ и 3) обращенный вертикальный маятникъ.

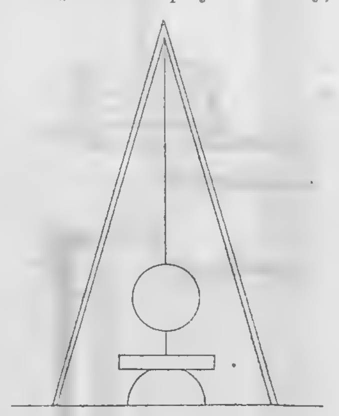


Рис. 26. Обыкновенный вертикальный маятникъ.

Обыкновенный вертикальный маятникъ (рис. 26) состоитъ изъ возможно болѣе тяжелаго шара, который подвѣшенъ на тонкой и длинной проволокѣ; этотъ шаръ внизу снабженъ тонкимъ остріемъ, которое отмѣчаетъ на пластинкѣ, находящейся подъ шаромъ и покрытой мелкимъ пескомъ, тѣ движенія, которыя происходятъ на земной корѣ. Этотъ въ прежнія времена часто примѣнявшійся инструментъ въ простой своей формѣ не имѣетъ почти никакого значенія, такъ какъ, чтобы отмѣтить слабыя движенія земной коры, необходима длина маятника въ нѣсколько сотъ, даже въ тысячу метровъ. Эту систему, однако, усовершенствовали и для

того, чтобы избѣжать слишкомъ большой длины проволоки, приспособили къ грузу маятника особый аппаратъ для увеличенія его движеній, такъ называемый пантографъ. Этотъ принципъ въ особенности былъ примѣненъ итальянцемъ Вицентини, аппаратъ котораго, распространенный въ Италіи и въ Австріи, можетъ служить намъ образцомъ такой системы (рис. 27). На стойкѣ *A* прикрѣпленъ желѣзный кронштейнъ *T*, къ которому подвѣшенъ маятникъ въ $1^1/_2$ метра длины на стальной проволокѣ *D*; его грузъ *M*, состоящій изъ свинцовыхъ дисковъ, вѣситъ 100 килограммовъ. Къ нижней поверхности этого груза, при помощи пружинки, прикрѣпленъ рычажокъ *l* (рис. 27 фиг. *c*), короткое плечо котораго *b* покоится на стеклянномъ колпачкѣ, тогда какъ длинное плечо *c* связано съ двумя расположенными горизонтально иглами *NN* (рис. 27 фиг. *b*), которыя соединены между собой перпендикулярно расположеннымъ къ нимъ плечомъ. Эти иглы двигаются въ горизонтальномъ направленіи вокругъ осей *V*; на ихъ концахъ имѣются тонкія стеклянныя нити, которыя оканчиваются крошечными шариками, незамѣтными простому глазу. Двѣ иглы взяты съ тою цѣлью, чтобы на одной и той же полосѣ бумаги отмѣчать движенія по различнымъ направленіямъ; если аппаратъ, напримѣръ, поставленъ такимъ образомъ, что одна изъ иглъ отмѣчаетъ движенія, идущія по направленію отъ сѣвера къ югу, то другая отмѣчаетъ движенія съ востока на западъ. Благодаря передачѣ рычага пантографа этими иглами достигается сто-

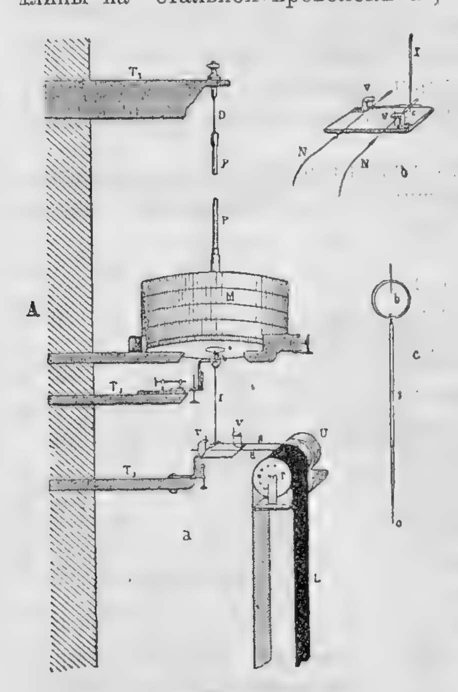


Рис. 27. Вертикальный маятникъ Вицентини.

кратное увеличеніе дѣйствительныхъ движеній земли, такъ что даже микросейсмическія колебанія ея отмѣчаются на лентѣ. Эти иглы своими концами покоятся на слегка покрытой сажею бумажной лентѣ *L*, которая, съ помощью барабана *T*, наматывается со скоростью 5 миллиметровъ въ минуту часовымъ механизмомъ *U*. Такое перемѣщеніе бумажной ленты необходимо для того, чтобы колебанія почвы не записывались одно на другомъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, чтобы отмѣчалось время. Отмѣтка времени совершается независимо отъ движенія часового механизма, такъ какъ ходъ послѣдняго никогда не можетъ быть настолько правильнымъ, чтобы можно было опредѣлять время простымъ отмѣриваніемъ длины ленты. Отмѣтка времени производится съ помощью нормальныхъ часовъ, которые связаны электрическимъ токомъ съ электромагнитомъ, а якорь послѣдняго съ помощью стекляннаго пера проводитъ на бумажной лентѣ *L* прямую черту; каждую минуту возникаетъ электрическій контактъ, и время отмѣчается уклоненіемъ черты въ сторону, такъ что на лентѣ можно непосредственно отсчитывать минуты и путемъ измѣренія опредѣлять секунды. Каждые 24 часа бумажная лента вынимается, пропускается чрезъ растворъ канифоли и шеллака въ алкоголѣ и затѣмъ ее вѣшаютъ сушиться. Это дѣлается для того, чтобы не исчезли линіи на закопченной поверхности ленты, и называется это фиксированіемъ сейсмограммы. Сейсмографъ Вицентини, въ общемъ, довольно удобопримѣнимый инструментъ, отличающійся особенно точною отмѣткою времени, но чувствительность его, въ тѣхъ случаяхъ, когда дѣло касается отдаленныхъ землетрясеній, происходящихъ въ 10.000 километровъ и болѣе, бываетъ недостаточной; притомъ для близко происходящихъ землетрясеній необходимъ короткій маятникъ, а для далекихъ, наоборотъ, длинный.

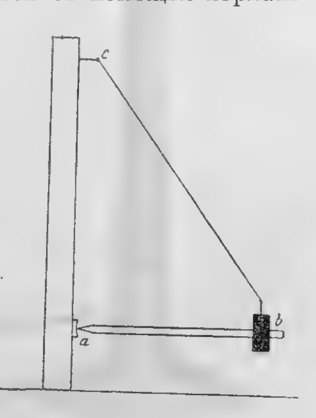


Рис. 28. Простой горизонтальный маятникъ.

Сейсмографы съ горизонтальнымъ маятникомъ. Этотъ послѣдній въ простѣйшей своей формѣ (рис. 28) состоитъ изъ горизонтальнаго твердаго плеча, которое

при *a* лежитъ во впадинѣ, а при *b* несетъ грузъ; нить, идущая отъ *b* къ *c*, поддерживаетъ стержень въ горизонтальномъ положеніи. Этотъ маятникъ былъ изобрѣтенъ извѣстнымъ астрофизикомъ Целльнеромъ въ Лейпцигѣ, но позднѣе эта система была усовершенствована другими. Дѣйствіе его сводится къ тому, что грузъ маятника, при движеніяхъ почвы, удерживаетъ свое положеніе покоя, тогда какъ части, связанныя съ почвою, колеблются. Различаютъ

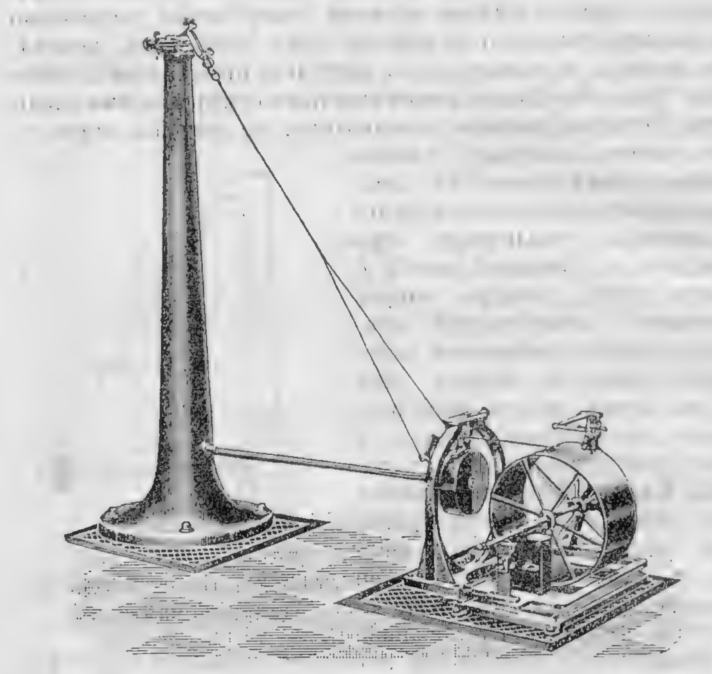


Рис. 29. Страсбургскій тяжелый горизонтальный маятникъ. По Бошу.

два рода горизонтальныхъ маятниковъ, именно тяжелый горизонтальный маятникъ и легкій маятникъ.

Тяжелый горизонтальный маятникъ имѣетъ въ основныхъ чертахъ вышеуказанное устройство; построенный по этому принципу и получившій широкое распространеніе такъ называемый Страсбургскій тяжелый маятникъ состоитъ изъ чугуннаго столба въ 1,3 метра высоты (рис. 29); на высотѣ 22 см. надъ основаніемъ его

имѣется острiе изъ серебристой стали, на которомъ покоится, при посредствѣ конусообразно углубленной ямки, горизонтальный латунный стержень; на противоположномъ концѣ этого стержня прикрѣпленъ грузъ въ 16 килограммовъ. На этомъ грузѣ имѣется рукоятка, отъ которой отходятъ двѣ соединяющiяся затѣмъ между собою проволоки, прикрѣпленныя при помощи особаго приспособленiя къ вершинѣ чугуннаго столба. Кромѣ того, на грузѣ имѣется вертикальный штифтъ, который входитъ въ заднiй конецъ пишущаго рычага. Этотъ рычагъ располагается на толстой мѣдной дугѣ, находящейся надъ грузомъ, и можетъ вращаться вокругъ вертикальной оси; на переднемъ концѣ его алюминiевый штифтъ, который прикасается къ бумагѣ, покрытой копотью и наворачивающейся на барабанъ. Отношенiя длины обоихъ плечъ пишущаго рычага таковы, что онъ увеличиваетъ въ 15 разъ движенiя земной коры. Приспособленiе для нанесенiя отмѣтокъ времени такое же, какъ на аппаратѣ Вицентини. Вслѣдствiе того, что барабанъ недостаточно великъ для нанесенiя на немъ черты въ теченiе цѣлыхъ сутокъ, онъ устроенъ такимъ образомъ, что каждый часъ передвигается въ сторону на 4 см., и потому конецъ рычага вырисовываетъ на немъ спираль. Такихъ инструментовъ на каждой станцiи должно быть два, причемъ они должны стоять одинъ по отношенiю къ другому подъ прямымъ угломъ, такъ какъ иначе движенiя, параллельныя которому-нибудь изъ нихъ, не будутъ на немъ отмѣчаться.

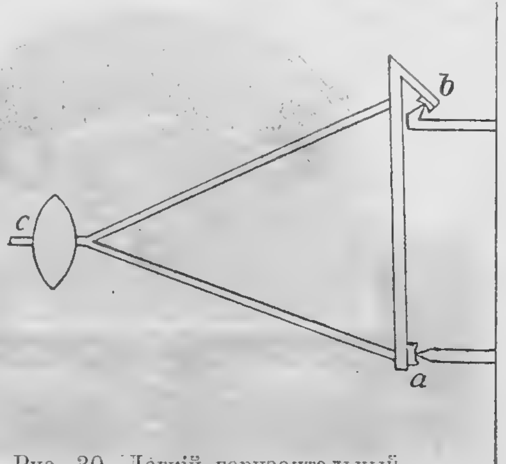


Рис. 30. Легкiй горизонтальный маятникъ.

Этотъ аппаратъ хотя и не дорогъ, но имѣетъ различные недостатки; при мѣстныхъ землетрясенiяхъ, достигающихъ

сколько-нибудь значительной силы, размахи маятника оказываются, въ большинствѣ случаевъ, значительно больше ширины бумаги, тогда какъ при отдаленныхъ землетрясеніяхъ маятникъ вслѣдствіе своей незначительной чувствительности не наноситъ часто начала землетрясенія.

По такому же принципу построенъ горизонтальный маятникъ Мильна, но онъ отмѣчаетъ колебанія почвы фотографическимъ путемъ. Этотъ инструментъ заставляетъ желать многаго, какъ со стороны чувствительности, такъ и со стороны точности отмѣтки времени.

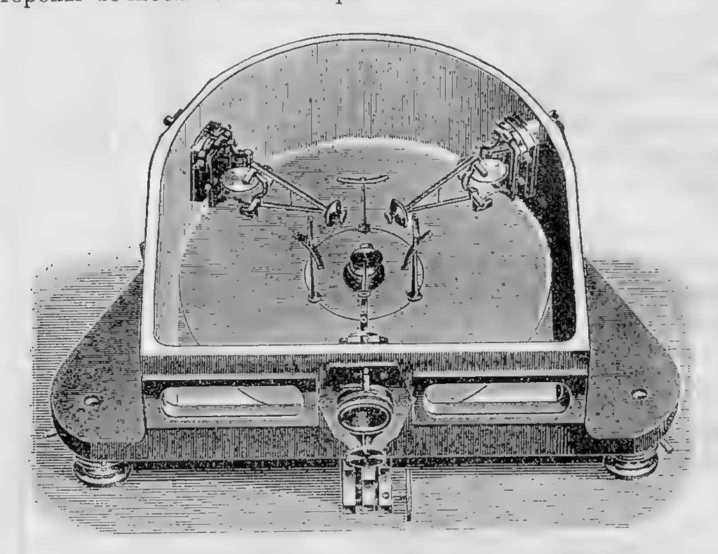


Рис. 31. Сейсмографъ Реберъ-Элерта.
(Легкій тройной горизонтальный маятникъ).

Легкій горизонтальный маятникъ состоитъ изъ металлическаго треугольника *abc*, который колеблется вокругъ оси *ab* (рис. 30); на практикѣ эту ось дѣлаютъ не совсѣмъ вертикальной, чтобы маятникъ быстрѣе возвращался въ состояніе равновѣсія. На вершинѣ *c* треугольника, на небольшомъ продолженіи, имѣется легкій грузикъ.

По этому принципу построенъ аппаратъ Реберъ-Пашвица; онъ затѣмъ былъ усовершенствованъ Элертомъ и представляетъ собою инструментъ, который впервые далъ вполнѣ точные результаты наблюденій; и въ настоящее время

сдва-ли какой-либо изъ другихъ сейсмографовъ превосходить его точностью работы. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ трехъ маятниковъ и благодаря этому имѣетъ возможность отмѣчать движенія, происходящія въ любомъ направленіи. На рис. 31 мы даемъ внутренній видъ ящика съ маятниками, и поясненія къ нему едва ли не излишни. Эти маятники регистрируютъ свои движенія, однако, не механически съ помощью пишущихъ штифтовъ, а оптически. На рис. 32 изображенъ схематически способъ регистраціи; мы видимъ слѣва три маятника въ ихъ футлярѣ, и къ каждому изъ нихъ прикрѣплено небольшое вогнутое зеркальце S_1, S_2, S_3; справа мы видимъ регистрирующій аппаратъ и сбоку отъ него источникъ свѣта L (газовая лампа съ раскаленнымъ чулкомъ); этотъ источникъ свѣта заключенъ въ футляръ, обладающій лишь тремя щелями, чрезъ которыя выходятъ три луча свѣта, падающіе

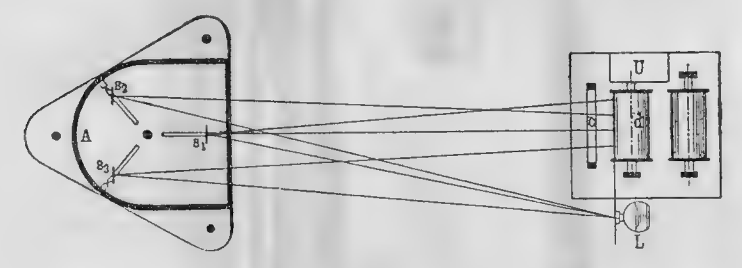


Рис. 32. Схематическое изображеніе фотографической записи тройного маятника Реберъ-Элерта.

на зеркала. Отъ послѣднихъ лучи отражаются по направленію къ барабану d регистрирующаго аппарата; впереди барабана находятся цилиндрическая линза c, которая концентрируетъ отбрасываемый пучокъ лучей въ рѣзкое пятно, такъ что на фотографической бумагѣ, проходящей по барабану d, образуется черная линія, выступающая, впрочемъ, лишь послѣ проявленія чувствительной бумаги. Для отмѣтки времени въ ящикѣ съ маятниками имѣется еще четвертое зеркальце, лучъ котораго падаетъ на край бумаги. Далѣе имѣется приспособленіе, связанное съ часами, которое каждый часъ прерываетъ этотъ свѣтовой лучъ на три минуты. Маятникъ Реберъ-Элерта является однимъ изъ чувствительнѣйшихъ инструментовъ; единственнымъ недостаткомъ его можно считать фотографическій способъ регистраціи, такъ какъ при этомъ способѣ получаемая

линія нерѣдко бываетъ настолько широкой, что первыя очень

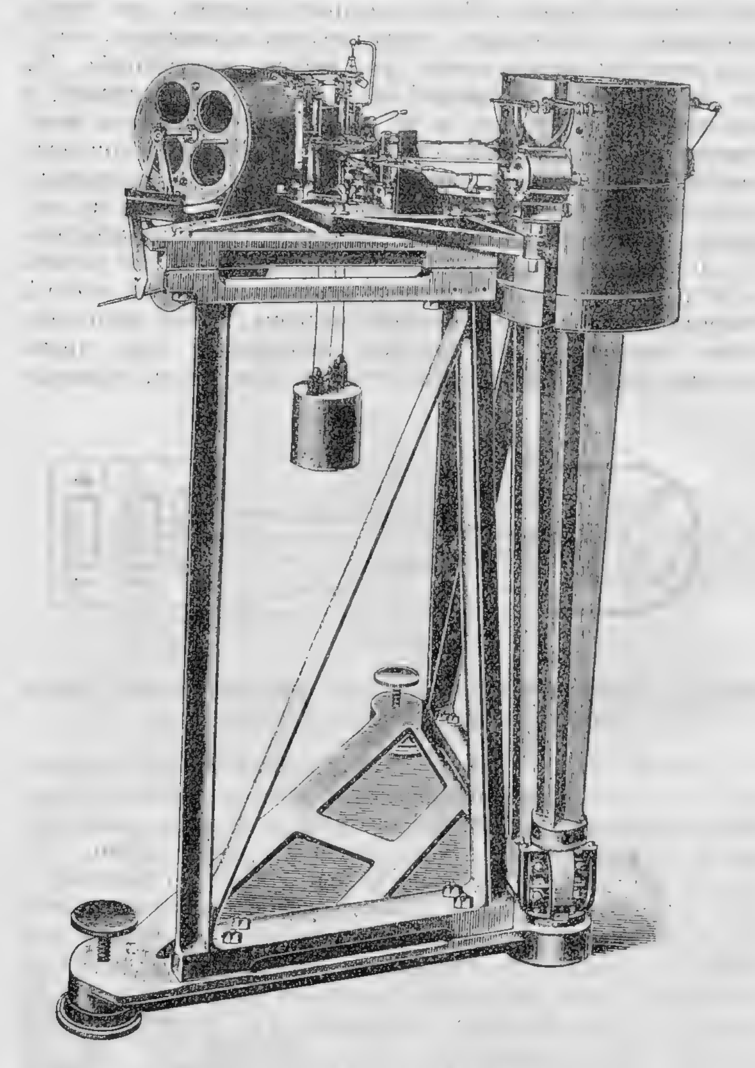


Рис. 33. Малый астатическій сейсмометръ Вихерта.

тонкія движенія земной коры при землетрясеніи скрадываются и остаются незамѣтными.

Обращенный или астатическій маятникъ. По этому принципу построенъ астатическій сейсмометръ Вихерта (рис. 33, 34); онъ состоитъ, главнымъ образомъ, изъ маятника *P* съ грузомъ *PM* въ 1000 килограммовъ. Какъ показываетъ рисунокъ, этотъ маятникъ поставленъ такимъ образомъ, что стержень его находится внизу, а грузъ наверху; на практикѣ такой маятникъ, конечно, упалъ бы, и онъ поддерживается поэтому пружинами въ данномъ положеніи. Стержень маятника стоитъ въ точкѣ *D* не такъ, какъ показано на рисункѣ, на остріи, а на особомъ карданискомъ пружинномъ подвѣсѣ; точно также и всѣ остальныя точки опоры и оси снабжены пружинами. Маятникъ стоитъ внутри остова, на которомъ находится доска стола *T*; и сквозь нее проходитъ стержень, прикрѣпленный къ грузу маятника, который, съ своей стороны, несетъ стержень *Sb*. Этотъ

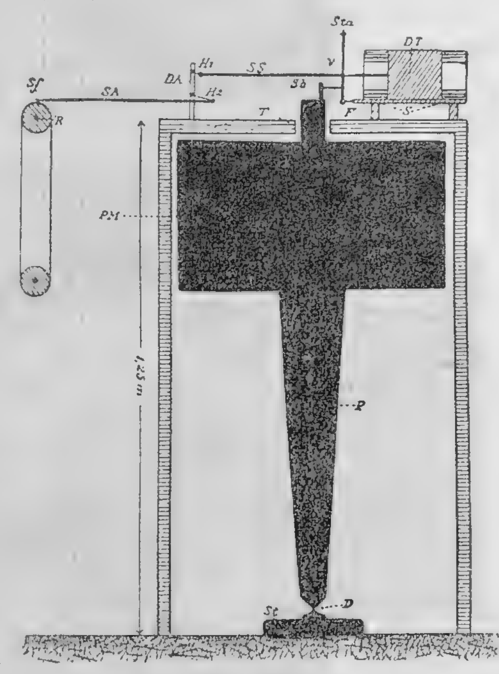


Рис. 34. Схематическое изображеніе большого астатическаго сейсмометра Вихерта.

послѣдній соединенъ со стержнемъ *Sta*, который служитъ для того, чтобы поддерживать маятникъ въ равновѣсіи,— именно, онъ связанъ при помощи пары пружинъ *F* со стержнемъ *S*, который привинченъ къ столу. На стержнѣ *Sta*, который называется „стабилизаціоннымъ стержнемъ“, прикрѣплены въ точкѣ *V* другіе стержни, изъ которыхъ одинъ ведетъ къ умѣряющему барабану *DT*, тогда какъ другой стоитъ въ связи съ плечомъ рычага *H*, который

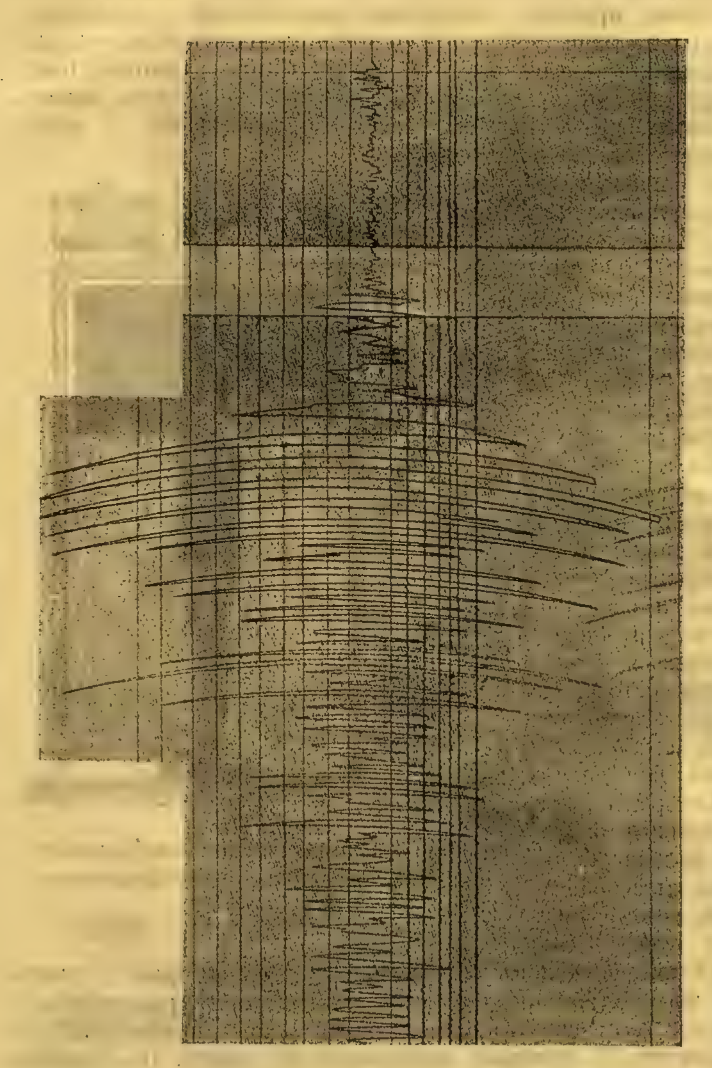


Рис. 35. Сейсмограмма мессинскаго землетрясенія 28 декабря 1908 г. по записи въ Гёттингенѣ, сдѣланной малымъ астатическимъ сейсмометромъ Вихерта.

вращается горизонтально вокругъ оси *DA*. Барабанъ *TD* служитъ къ тому, чтобы уничтожать собственныя движенія маятника, которыя возникаютъ вслѣдствіе какого-нибудь толчка; описанный выше сейсмометръ Элерта также снабженъ такимъ умѣряющимъ барабаномъ. Такое уничтоженіе толчковъ можетъ производиться либо при помощи электромагнита съ противостоящими одноименными полюсами, которые другъ друга отталкиваютъ, либо при помощи погруженія поршня въ масло или какимъ-нибудь другимъ тому подобнымъ устройствомъ. На ось *DA* прикрѣпленъ второй рычагъ H_2, который длиннѣе H_1 и вращается въ томъ же направленіи; отъ него отходитъ пишущій рычагъ *SA*, который спереди несетъ пишущій штифтъ изъ алюминія *Sf*, наносящій черту на барабанѣ *R*, покрытомъ закопченной бумагою. Этотъ инструментъ увеличиваетъ дѣйствительное движеніе земли въ 250 разъ. Дѣйствіе его легко понятно: какъ только земля приходитъ въ движеніе, маятникъ, вслѣдствіе своей огромной массы и установки, остается въ состояніи покоя; вслѣдствіе того, что пишущій рычагъ, прикрѣпленный къ подвижному рычагу, стоитъ въ связи съ массой маятника при посредствѣ стабилизаціоннаго стержня, съ другой же стороны, является прикрѣпленнымъ къ столу, который принимаетъ участіе въ движеніяхъ земли, онъ переноситъ эти движенія въ увеличенномъ видѣ на зачерненную ленту. Благодаря превосходному приспособленію, умѣряющему толчки, маятникъ почти не имѣетъ никакого собственнаго движенія. Отмѣтка времени производится при помощи электромагнита, который каждую минуту приподнимаетъ пишущій штифтъ на двѣ секунды и каждый часъ на 15 секундъ. На прилагаемой табл. II воспроизведены сейсмограммы, начерченныя въ Лейпцигѣ маятникомъ Вихерта во время землетрясеній въ Вальпарайзо и въ Санъ-Франциско; на рис. 35 приведена часть сейсмограммы послѣдняго мессинскаго землетрясенія. Профессоръ Вихертъ сконструировалъ въ Геттингенѣ по тому же самому принципу маятникъ съ тяжестью въ 17.000 килограммовъ,

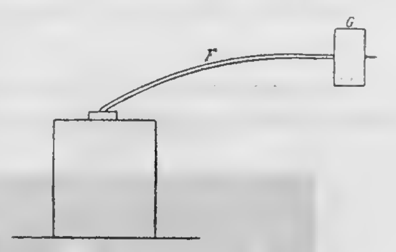


Рис. 36. Приборъ для регистраціи вертикальныхъ перемѣщеній.

который увеличиваетъ движеніе земли въ 5000 разъ; такой же аппаратъ будетъ поставленъ въ скоромъ времени въ Мексикѣ.

Всѣ описанные приборы отмѣчаютъ при землетрясеніяхъ лишь горизонтальное движеніе; имѣются, однако, и такіе аппараты, которые приспособлены для регистраціи вертикальныхъ перемѣщеній. Они построены большею частью по слѣдующему принципу: большой грузъ G (рис. 36) находится на концѣ широкой рессорной пружины F, которая прикрѣплена къ массивному столбу; къ этому грузу прикрѣпленъ пишущій рычагъ, который при помощи углового сочлененія превращаетъ вертикальное движеніе въ горизонтальное. Грузъ G остается въ постоянномъ положеніи, тогда какъ пишущій рычагъ, чрезъ посредство оси, стоитъ въ соединеніи съ землею и принимаетъ участіе въ ея движеніи, отмѣчая вертикальныя перемѣщенія.

Познакомившись съ инструментами, которые позволяютъ намъ производить тщательныя наблюденія надъ движеніями зем-

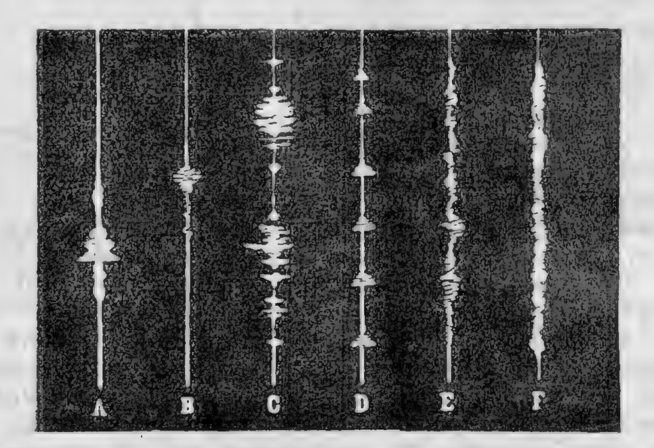


Рис. 37. Записи различныхъ колебаній почвы, обусловленныхъ: A—землетрясеніемъ; B—проѣздомъ паровой трамбовки; C—проѣздомъ артиллеріи; D—пушечными выстрѣлами; E—сильнымъ вѣтромъ; F—работой машины.

ной коры во время землетрясеній, займемся теперь нѣсколько болѣе подробнымъ разсмотрѣніемъ тѣхъ кривыхъ, которыя

они изображаютъ. Всѣ современные сейсмографы вслѣдствіе поступательнаго движенія бумажной ленты растягиваютъ, такъ сказать, и разъединяютъ движенія, происходящія въ одной точкѣ, превращая ихъ въ зигзагообразную кривую, какъ это видно было уже и на табл. II. Эта зигзагообразная линія носитъ названіе діаграммы землетрясенія или с е й с м о г р а м м ы. Разумѣется, каждое движеніе земли дѣйствуетъ на сейсмографъ, чѣмъ бы оно ни вызывались, а потому сейсмографъ отмѣчаетъ и колебанія, происходящія отъ проѣзжающихъ повозокъ, отъ вѣтра, выстрѣловъ и т. п. Оказалось, однако, что различныя движенія даютъ и очень рѣзко различающіяся діаграммы. А. Б е л а р ъ въ Лайбахѣ сопоставилъ изображенныя на рис. 37 различныя движенія земли: они такъ наглядны, что едва ли требуютъ особыхъ поясненій. Впрочемъ, и діаграммы, обусловленныя землетрясеніями, обнаруживаютъ очень существенныя различія. На трехъ сейсмограммахъ рис. 38 мы видимъ, что первая (*A*) начинается непосредственно сильнымъ размахомъ, и затѣмъ постепенно колебанія уменьшаются, затихаютъ; вторая сейсмограмма (*B*) начинается небольшими колебаніями, которыя нарастаютъ и затѣмъ быстро затихаютъ, потомъ снова внезапно увеличиваются и опять постепенно уменьшаются; наконецъ, на третьей діаграммѣ (*C*) мы замѣчаемъ, что она имѣетъ большое сходство со второю, съ той лишь разницею, что слабое вступительное колебаніе, которое тамъ произошло лишь одинъ разъ, здѣсь повторяется дважды, и послѣ главнаго движенія еще продолжается долгое время рядъ сла-

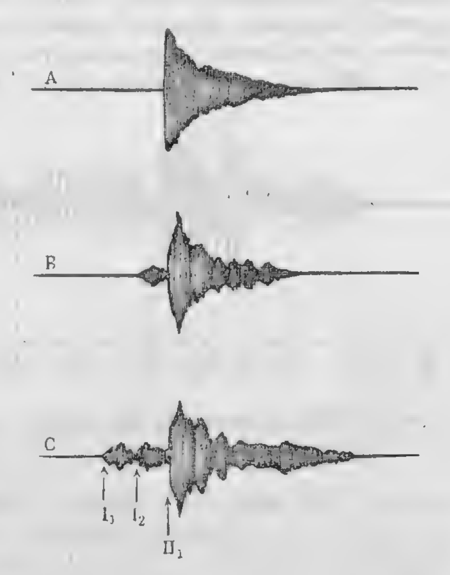


Рис. 38. Схематическія діаграммы: *A*—мѣстнаго, *B*—близкаго, *C*—дальняго землетрясеній.

быхъ колебаній, такъ что главное нарушеніе затихаетъ не сразу. Первая діаграмма относится къ мѣстному землетрясенію, т.-е. очагъ землетрясенія находился въ непосредственной близости отъ мѣста наблюденія; вторая діаграмма изображаетъ близкое землетрясеніе, при которомъ мѣсто наблюденія находилось въ нѣсколькихъ сотняхъ километровъ (но не болѣе 500 километровъ) отъ эпицентра; наконецъ, третья соотвѣтствуетъ отдаленному землетрясенію, эпицентръ котораго находится на разстояніи болѣе 500 километровъ. Въ вышеприведенныхъ діаграммахъ колебанія сильно сжаты, иначе говоря, регистрирующій барабанъ двигался очень медленно, такъ какъ отдаленное землетрясеніе продолжается нерѣдко нѣсколько часовъ, даже въ томъ случаѣ, если движеніе въ эпицентрѣ

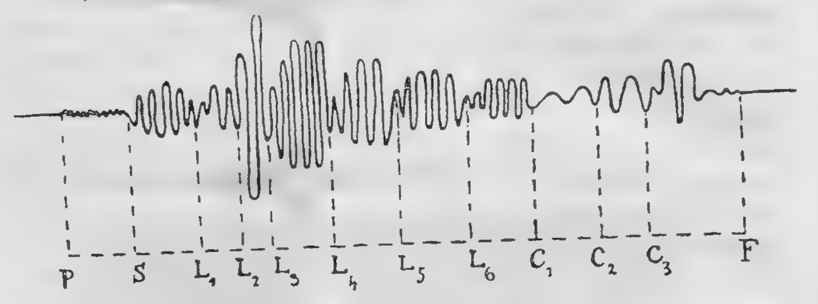
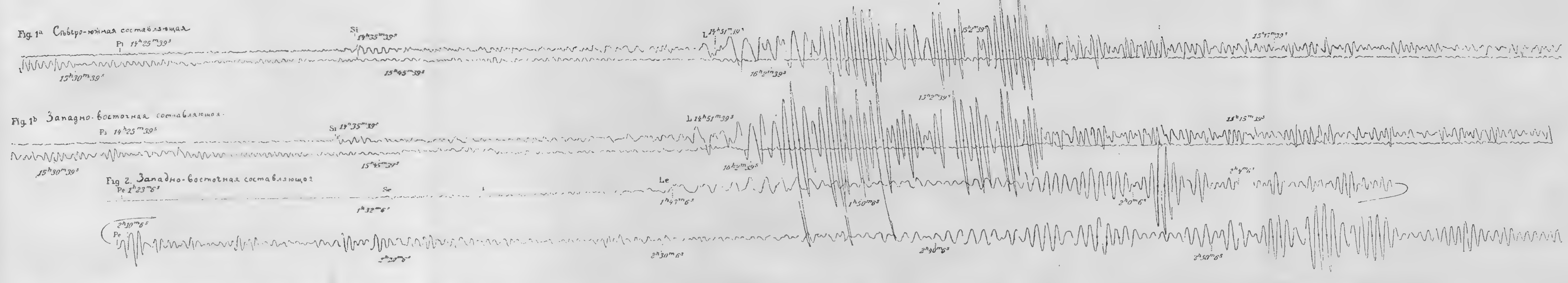


Рис. 39. Схематическая діаграмма дальняго землетрясенія.

длится всего лишь одну минуту. Однако, даже если колебанія при болѣе быстромъ движеніи регистрирующей ленты раздвинуты сильнѣе, особенности данныхъ группъ движеній сохраняются; ихъ называютъ фазами движенія. Въ отдаленномъ землетрясеніи мы видимъ три фазы, въ близкомъ землетрясеніи—двѣ, въ мѣстномъ—лишь одну фазу. Мы видимъ, однако, также, что обѣ первыя фазы отдаленнаго землетрясенія очень похожи одна на другую, тогда какъ третья совершенно различна по формѣ и приближается по своей формѣ ко второй фазѣ близкаго землетрясенія и къ единственной фазѣ мѣстнаго. Если мы разсмотримъ теперь схематическую, но еще нѣсколько болѣе растянутую діаграмму отдаленнаго землетрясенія (рис. 39), то увидимъ, что она является еще болѣе расчлененной. Мы различаемъ въ ней двѣ первыя фазы, какъ первое и второе предварительныя

нарушенія (P и S), тогда какъ третья фаза является главнымъ нарушеніемъ (L), которое снова дѣлится на рядъ побочныхъ фазъ, и въ качествѣ заключительнаго нарушенія (C) мы видимъ послѣднее движеніе, указывающее на замираніе колебаній. Разсмотримъ теперь двѣ настоящія діаграммы землетрясеній,—именно: діаграммы землетрясеній въ

Табл. II.



Сейсмограммы землетрясенія въ Вальпарайзо, 17 августа 1906 года, и землетрясенія въ Санъ-Франциско, 18 апрѣля 1906 года, зарегистрированныя въ Лейпцигѣ астатическимъ сейсмометромъ Вихерта.

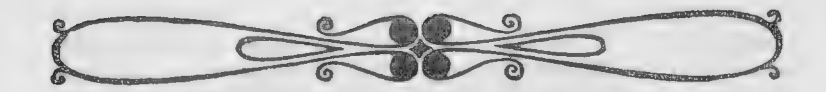
Fig. 1a и 1б. Лейпцигская сейсмограмма землетрясенія въ Санъ-Франциско, 17 августа 1906 г.—Fig. 2. Лейпцигская сейсмограмма землетрясенія въ Вальпарайзо, 17 августа 1906 г. (подъ низомъ ея продолженіе).—Объясненіе буквъ см. стр. 65. Цифры означаютъ часы, минуты и секунды.

быхъ колебаній, такъ что главное нарушеніе затихаетъ не сразу. Первая діаграмма относится къ мѣстному землетрясенію, т.-е. очагъ землетрясенія находился въ непосредственной близости отъ мѣста наблюденія; вторая діаграмма изображаетъ близкое землетрясеніе, при которомъ мѣсто наблюденія находилось въ нѣсколькихъ сотняхъ километровъ (но не болѣе 500 километровъ) отъ эпи-

нарушенія (P и S), тогда какъ третья фаза является главнымъ нарушеніемъ (L), которое снова дѣлится на рядъ побочныхъ фазъ, и въ качествѣ заключительнаго нарушенія (C) мы видимъ послѣднее движеніе, указывающее на замираніе колебаній. Разсмотримъ теперь двѣ настоящія діаграммы землетрясеній,—именно: діаграммы землетрясеній въ Вальпарайзо и Санъ-Франциско, воспроизведенныя вихертовскимъ маятникомъ въ Лейпцигѣ. Мы видимъ, что онѣ еще болѣе растянуты, но представляютъ тѣ же самыя фазы, отмѣченныя тѣми же самыми буквами P, S, L *). Прежде чѣмъ характеризовать ближе эти фазы, мы должны напомнить, что при колебаніяхъ маятника размахъ каждаго колебанія, выраженный въ миллиметрахъ, носитъ названіе амплитуды; продолжительность его, выраженная въ секундахъ, называется періодомъ.

Мы видимъ теперь, какъ на схематическомъ рис. 39, такъ и на діаграммахъ табл. II, что первое предварительное нарушеніе (P) состоитъ изъ короткихъ и быстрыхъ движеній, т.-е., что амплитуда мала и періоды очень коротки; при второмъ предварительномъ нарушеніи (S) мы видимъ увеличеніе амплитуды (размахи колебаній становятся больше) и замедленіе періода (движеніе требуетъ больше времени для окончанія колебанія); наконецъ, въ третьей фазѣ (L) имѣются самыя большія колебанія, обнаруживающія наиболѣе долгій періодъ; въ нѣкоторыхъ мѣстахъ амплитуда колебаній достигаетъ наибольшаго размѣра, затѣмъ понижается и потомъ опять снова повышается до кульминаціоннаго пункта; такой кульминаціонный пунктъ называется максимумъ; на діаграммахъ табл. II эти максимумы отмѣчены на самой кривой двумя . . .

*) На діаграммѣ землетрясенія въ Санъ-Франциско вмѣсто буквъ P и S стоитъ Pi и Si, на діаграммѣ вальпарайзовскаго землетрясенія—Pe, Se и Le. Эти обозначенія относятся къ формѣ начала движенія. Именно, если колебаніе обнаруживается въ видѣ толчка, то его обозначаютъ прибавленіемъ буквы i (лат.—impetus) къ буквѣ, изображающей фазу. Если, наоборотъ, колебаніе медленно нарастаетъ, то прибавляется буква e (лат. — emersio). Обѣ изображенныя у насъ сейсмограммы обнаруживаютъ очень замѣтнымъ образомъ разницу между обоими родами колебаній. Часы указаны по среднеевропейскому времени, причемъ по-астрономически считается 24 часа, начиная съ 12 ч. ночи.



5. Природа волнъ землетрясеній.

Различіе отдѣльныхъ фазъ сейсмограммы должно основываться, разумѣется, на различіи движеній, которыми онѣ вызываются. До настоящаго времени въ этой области далеко не все еще выяснено, что и вполнѣ понятно, если принять во вниманіе, что точное наблюденіе землетрясеній началось лишь немного лѣтъ тому назадъ. Въ общемъ, теперь предполагаютъ, что волны предварительнаго нарушенія, или волны обѣихъ первыхъ фазъ (*P* и *S*), представляютъ собою продольныя колебанія, т.-е. совершающіяся параллельно направленію своего распространенія — онѣ проходятъ сквозь внутренность земли, — тогда какъ главное нарушеніе состоитъ изъ медленныхъ поперечныхъ волнъ, иначе говоря, такихъ волнъ, которыя колеблются перпендикулярно къ направленію ихъ распространенія и передаются по поверхности земли. Попробуемъ пояснить это рисункомъ. Предположимъ, что кругъ на рис. 40 представляетъ собою земной шаръ, въ *H* находится очагъ землетрясенія. Въ такомъ случаѣ *P* представитъ собою первую фазу предварительнаго нарушенія, иначе говоря, представитъ собою путь волнъ, которыя, непосредственно пройдя чрезъ внутренность земли, достигнутъ точки наблюденія въ *B*; послѣ нихъ придутъ туда неоднократно отбрасываемыя и отражаемыя волны, которыя мы называемъ второю фазою (*S*) предварительнаго нарушенія. И, наконецъ, достигаютъ и тѣ нарушенія, которыя мы называемъ главною фазою или поверхностными волнами (*L*). Что

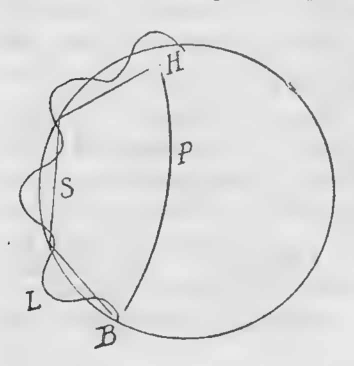


Рис. 40. Путь различныхъ волнъ землетрясенія внутри и на поверхности земли.

такой взглядъ болѣе или менѣе правиленъ, вытекаетъ уже изъ того, что, какъ мы увидимъ, продолжительность предварительныхъ фазъ стоитъ въ совершенно опредѣленномъ отношеніи къ разстоянію мѣста наблюденія отъ эпицентра. A. Беларъ изобразилъ чрезвычайно ясно распространеніе волнъ землетрясенія, и мы приведемъ здѣсь цѣликомъ его изложеніе, несмотря на то, что взгляды его отличаются нѣсколько отъ нашихъ. Онъ говоритъ слѣдующее: „Предположимъ для простоты, что очагъ землетрясенія представляетъ собою точку, и предположимъ также, что волны землетрясенія распространяются лишь по прямымъ линіямъ. Схематическій рис. 41 можетъ тогда пояснить сказанное. Центръ удара или подземный очагъ землетрясенія обозначимъ

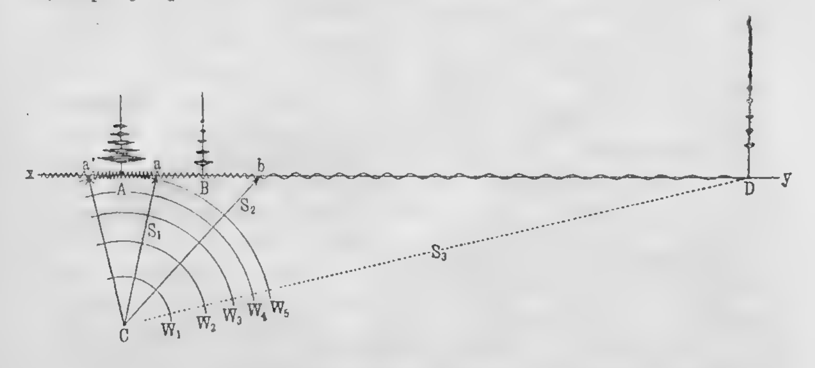


Рис. 41. Схема различныхъ волнъ, вызванныхъ землетрясеніемъ.

По Белару.

буквою C. Линія xy пусть представляетъ часть земной поверхности; пять дугъ окружности пусть изображаютъ такое же число шаровыхъ волнъ, которыя въ различные моменты выйдутъ на земную поверхность. Разстояніе aa' обнимаетъ эпицентръ, а разстояніе ab—вторую зону, гдѣ сотрясеніе почвы является еще макросейсмическимъ; D представляетъ собою микросейсмическую станцію, которая удалена отъ области землетрясенія ab примѣрно на 1000 километровъ. Кромѣ того, станціи для наблюденій находятся также въ макросейсмической области, въ точкахъ A и B. Предположимъ, что въ моментъ землетрясенія шаровыя волны съ продольнымъ колебаніемъ выходятъ изъ точки C; въ такомъ случаѣ онѣ

прежде всего покажутся на поверхности земли при aa', куда путь имъ всего короче; въ этой области онѣ произведутъ многочисленныя сильныя колеблющіяся въ поперечномъ направленіи поверхностныя волны, которыя распространятся по всѣмъ направленіямъ на поверхности земли. Непосредственно вслѣдъ за этимъ шаровыя волны, выйдя на поверхность земли внутри полосы ab съ ослабленною силой, произведутъ болѣе слабыя поверхностныя волны. Въ соотвѣтствіи съ быстротою распространенія шаровыя волны изъ точки C въ нѣкоторый позднѣйшій моментъ достигнутъ точки D. Въ эпицентрѣ aa' будетъ замѣтенъ человѣку лишь одинъ родъ движенія, ощущаемый въ видѣ толчковъ, происходящихъ сверху внизъ. Въ сосѣдней полосѣ ab внимательные наблюдатели обнаружатъ нѣкоторое дрожащее движеніе или толчокъ и вслѣдъ затѣмъ рядъ отдѣльныхъ колебаній. Въ D люди не замѣтятъ больше никакихъ колебаній почвы. Шаровыя волны, исходящія изъ точки C, мы назовемъ „*земными*“ волнами, а вызванныя ими поперечныя волны — „*поверхностными*“ волнами. Въ полосѣ aa' обнаруживается дѣйствіе лишь земныхъ волнъ, съ числомъ колебаній 20 и болѣе въ секунду. Въ сосѣдней полосѣ ab мы замѣчаемъ два рода волнъ,—во-первыхъ, вліяніе земныхъ волнъ и затѣмъ распространеніе поверхностныхъ волнъ, исходящихъ изъ области aa' и пріобрѣтшихъ болѣе продолжительный періодъ колебанія. Спрашивается, какимъ образомъ будутъ отмѣчены эти движенія сейсмографами? Въ макросейсмической области, на станціи A, мы увидимъ картину, въ которой непосредственно выступаетъ прежде всего главный размахъ (ср. рис. 38A); въ предположенномъ случаѣ, когда изъ точки C вышло пять шаровыхъ волнъ, онѣ изобразятся на сейсмограммѣ въ формѣ пяти послѣдовательныхъ фазовыхъ движеній. На станціи B появится на діаграммѣ короткая предварительная фаза, затѣмъ быстрое повышеніе до максимума, послѣ чего на нѣсколько большихъ разстояніяхъ одна отъ другой появятся отдѣльныя группы движеній (рис. 38A). На микросейсмической станціи, какъ не трудно понять, будетъ сейсмографомъ начерчена нѣсколько болѣе сложная картина. Здѣсь прежде всего въ теченіе нѣсколькихъ минутъ будетъ изображаться короткое дрожащее движеніе — предварительная фаза, происходящая отъ земныхъ волнъ; затѣмъ, вслѣдствіе гораздо болѣе медленнаго распространенія поверхностныхъ волнъ, сперва появятся поверхностныя волны изъ полосы ab и образуютъ вторую предварительную

фазу; вскорѣ послѣ того появится главная часть діаграммы съ самыми крупными размахами: это производныя поверхностныхъ волнъ, распространяющихся изъ наиболѣе сильно потрясенной области *aa'*. Діаграмма этимъ еще не оканчивается, — на ней цѣлый рядъ группъ движеній, совершенно подобныхъ пяти инструментально измѣреннымъ группамъ въ полосѣ *aa'*, повторяется многократно съ правильными промежутками (рис. 38*C*). Полное замираніе колебаній нерѣдко бываетъ трудно установить, и можно предположить, что, когда мы будемъ въ состояніи измѣрять волны земной поверхности при еще болѣе сильномъ увеличеніи, такія повторенія группъ движеній будутъ обнаруживаться еще чаще. Въ правильномъ чередованіи этихъ волнъ и лежитъ ихъ объясненіе,—это, несомнѣнно, отраженіе поверхностныхъ волнъ, которыя отбрасываются отъ горныхъ массивовъ, и онѣ-то и отмѣчаются инструментами какъ послѣднія колебанія. Дальнѣйшія сравнительныя наблюденія, производимыя въ различныхъ пунктахъ земли, должны несомнѣнно обнаружить, что строеніе земной коры нерѣдко также оказываетъ опредѣленное вліяніе и обусловливаетъ тотъ или иной типъ діаграммы. Поэтому не трудно понять, что діаграммы, полученныя на одномъ и томъ же мѣстѣ, будутъ между собою сходны. Необходимо упомянуть еще объ одномъ родѣ волнъ, которыя наблюдаются лишь при отдаленныхъ землетрясеніяхъ, — это длинныя, пологія волны, замѣчаемыя въ концевой части діаграммы. Онѣ также могутъ быть легко объяснены,—это, должно-быть, тѣ поверхностныя волны, которыя идутъ въ обратномъ направленіи вдоль земной поверхности. Что эти волны очень дальняго происхожденія, о томъ свидѣтельствуетъ уже продолжительность ихъ колебаній".

Такое объясненіе А. Белара отклоняется отъ объясненія, даннаго нами выше, по крайней мѣрѣ, отъ объясненія происхожденія второй предварительной фазы. Въ недавнее время появился еще новый взглядъ, по которому длинныя волны главнаго нарушенія считаются не поперечными волнами, а боковыми колебаніями частицъ земли, обусловленными тѣмъ, что земная поверхность, вслѣдствіе своей эластичности, сдавливается съ боковъ и затѣмъ снова расширяется. Всѣ эти вопросы являются пока еще весьма спорными, и мы не имѣемъ возможности въ данномъ случаѣ входить въ большія детали.

Разсмотрѣвъ, каковы вліянія, производимыя землетрясеніями въ природѣ, и какъ сказываются различныя осо-

бенности землетрясеній на регистраціи ихъ инструментами, а равно и каковъ характеръ волнъ землетрясеній, расходящихся изъ мѣста своего образованія, мы попытаемся теперь изложить, къ какимъ результатамъ пришла наука при выясненіи самаго мѣста возникновенія землетрясеній и способа распространенія волнъ.

Прежде всего остановимся на чисто-формальной сторонѣ дѣла. То мѣсто земной коры или внутренности земли, изъ котораго исходятъ на поверхность земли сотрясенія, мы называемъ очагомъ землетрясенія или гипоцентромъ. Этотъ очагъ можетъ имѣть различное положеніе; при землетрясеніяхъ, обусловленныхъ обваломъ, онъ располагается совершенно поверхностно, при вулканическихъ землетрясеніяхъ—онъ находится не очень глубоко, при тектоническихъ — помѣщается въ верхнихъ частяхъ земной коры и именно въ тѣхъ частяхъ, въ которыхъ горныя породы не сдѣлались еще пластичными вслѣдствіе давленія; наконецъ, при скрыто - вулканическихъ землетрясеніяхъ очагъ слѣдуетъ искать лишь на довольно значительной глубинѣ. На способахъ, которыми вычисляется глубина очага землетрясенія, мы не можемъ здѣсь пока останавливаться, такъ какъ сперва намъ надо познакомиться съ различными родами распространенія волнъ землетрясеній.

Прежде думали, что землетрясенія исходятъ изъ одной точки, и что очагъ, слѣдовательно, является очень небольшимъ, точкообразнымъ; новѣйшія изслѣдованія показали, однако, что это не соотвѣтствуетъ дѣйствительности, — наоборотъ, гипоцентръ большею частью имѣетъ форму линіи или поверхности; форма же очага опредѣляется по способу распространенія движенія.

Какъ мы замѣтили уже выше, то мѣсто, которое располагается непосредственно надъ гипоцентромъ, называется эпицентромъ; оно никоимъ образомъ не воспроизводитъ въ точности форму очага землетрясенія, хотя и позволяетъ все же, въ общемъ, судить, имѣетъ ли очагъ характеръ линіи или же поверхности. Эпицентръ никогда не имѣетъ формы точки, онъ всегда захватываетъ нѣкоторую поверхность, которая характеризуется тѣмъ, что землетрясеніе обнаруживается на ней въ видѣ вертикальныхъ толчковъ. Область эпицентра вовсе не представляетъ собою области, на которой обнаруживаются самыя сильныя разрушенія, хотя на ней наблюдается наибольшая интенсивность толчковъ; наоборотъ, нерѣдко самыя разрушительныя дѣйствія земле-

тряесенія на постройки сказываются на границѣ области эпицентра, гдѣ толчки направляются подъ угломъ, въ 45—55° къ поверхности земли. Уголъ, который направленіе толчка образуетъ съ поверхностью земли, называется угломъ выхожденія. Чтобы сдѣлать болѣе понятными эти отношенія, мы приводимъ рис. 42. Линія FE_2 представляетъ собою горизонтальную поверхность земли, H—точку, изъ которой исходитъ землетрясеніе. Тамъ, гдѣ толчки направлены болѣе или менѣе вертикально (aa'), располагается первичная область сотрясенія, и происходящее въ ней землетрясеніе носитъ названіе мѣстнаго землетрясенія. Движеніе, которое появляется въ опредѣленныхъ точкахъ E, E_1 E_2 и т. д., мы называемъ лучомъ толчка. Такими лучами толчковъ являются линіи HE, Ha, HE_1, HE_2. Уголъ, который обра-

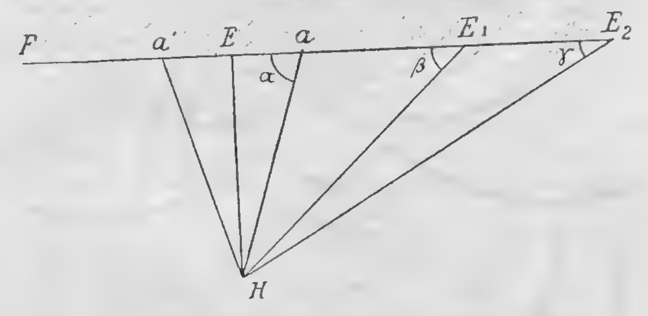


Рис. 42. Уголъ выхожденія и лучъ толчка.

зуетъ лучъ толчка съ земною поверхностью, и который (если предположить для простоты, что лучи толчковъ прямыя линіи, что, какъ мы увидимъ, бываетъ не всегда) за предѣлами середины области эпицентра долженъ быть всегда меньше прямого угла называется угломъ выхожденія; на чертежѣ такіе углы отмѣчены греческими буквами α β, γ; они становятся тѣмъ меньше, чѣмъ далѣе мы отходимъ отъ эпицентра.

Вокругъ первичной области сотрясенія располагается кольцеобразно вторичная, въ которой ощущается лишь волнообразное движеніе почвы. Такое землетрясеніе, поскольку оно воспринимается непосредственно чувствами человѣка, называется близкимъ землетрясеніемъ. Начиная оттуда, гдѣ движеніе почвы уже не замѣчается непосредственно, а лишь отмѣчается сейсмографами, мы называемъ

пространство — областью дальняго землетрясенія. Мы видѣли уже выше, что эти различные роды землетрясеній очень ясно различаются на сейсмограммахъ.

Тогда какъ ранѣе всѣми принималось, что лучи толчковъ землетрясенія представляютъ собою прямыя и что волны

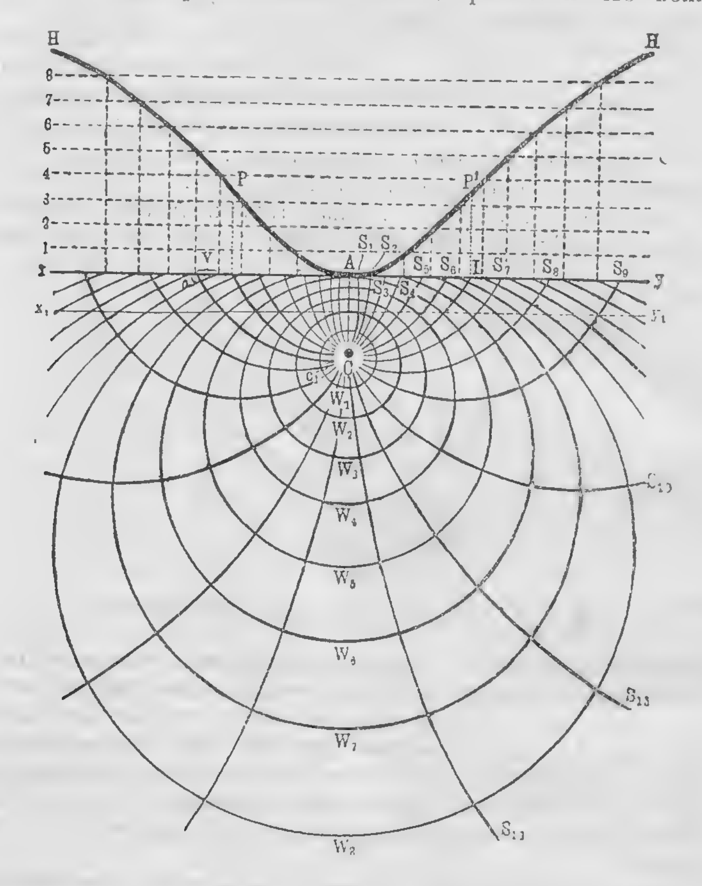


Рис. 43. Построеніе лучей толчка и годографа. По А. Шмидту.

землетрясеній распространяются по концентрическимъ поверхностямъ шара, въ недавнее время А. Шмидтъ въ Штуттгартѣ совершенно перевернулъ всѣ эти прежнія пред-

ставленія и создалъ новую теорію, которая получила блестящее подтвержденіе со стороны опыта. Шмидтъ исходилъ изъ того соображенія, что горныя породы, по направленію къ центру земли, вслѣдствіе давленія на нихъ сверху, должны становиться болѣе плотными и въ то же время болѣе эластичными; изъ этого слѣдуетъ, что и скорость распространенія движеній по направленію внутрь земли должна возрастать,—иначе говоря, волна землетрясенія по направленію внутрь земли въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени совершаетъ значительно большій путь, чѣмъ по направленію къ поверхности земли. Такимъ образомъ, если изобразить это графически, волновыя поверхности представятъ собою не концентрическія шаровыя поверхности, а эксцентрическія, какъ это и изображено на рис. 43. Точка C представляетъ собою гипоцентръ, круги W_1, W_2, W_3 и т. д. представляютъ сѣченія поверхностей волны; мы видимъ, что, напримѣръ, волна W_5, по направленію къ поверхности, проходитъ лишь третью часть пути, который она въ то же самое время проходитъ по направленію къ внутренности земли. Если мы на основаніи такого прохожденія волнъ построимъ лучи толчковъ, которые въ каждой волновой поверхности направлены по радіусу, то мы увидимъ, что эти лучи (S_1, S_2, S_3 и т. д.) образуютъ не прямыя, а изогнутыя линіи. Волны землетрясеній обнаруживаютъ совершенно тѣ же отношенія, какъ свѣтовыя волны, проходящія чрезъ среду различной оптической плотности,—иначе говоря, онѣ при вхожденіи въ новую среду преломляются. Если мы предположимъ теперь, что плотность и, вмѣстѣ съ тѣмъ, эластичность по направленію внутрь земли измѣняются съ нѣкоторымъ постоянствомъ, то такое же постоянство должно наблюдаться и для преломленія (постоянная рефракція), и лучи толчковъ должны образовать изогнутыя линіи, какъ это схематически изображено на рис. 43. На этомъ рисункѣ линія xy представляетъ собою часть земной поверхности; возстановимъ перпендикуляры тамъ, гдѣ къ ней касаются эксцентрическія волны; при этомъ допустимъ, что между каждыми двумя волнами имѣется промежутокъ, напримѣръ, въ 1 минуту; такимъ образомъ, волны изображены такъ, что воспроизводятъ равномѣрное поступательное движеніе, исходящее изъ гипоцентра C по всѣмъ направленіямъ; лишь разстояніе, которое онѣ проходятъ въ равный промежутокъ времени для каждаго направленія, различно. Если нанести теперь подъ прямымъ угломъ къ возстановленнымъ перпендикулярамъ надъ точками пересѣченія

эти промежутки времени, напримѣръ, минуты на равныхъ разстояніяхъ (на рисункѣ онѣ изображены цифрами 1—8), то чрезъ точки пересѣченія этихъ линій съ перпендикулярами можно провести кривую HAH'. Эту кривую называютъ годографомъ или кривою хода землетрясенія, такъ какъ она показываетъ, съ какою быстротою распространяется по земной поверхности колебательное движеніе, или, другими словами, воспроизводитъ графически соотношенія между пространствомъ, которое землетрясеніе проходитъ по земной поверхности, и временемъ, которое для этого необходимо. Эта линія HAH' представляетъ собою конхоиду или улиткообразную кривую съ двумя точками обращенія. Если мы внимательнѣе разсмотримъ теперь, какіе отрѣзки на земной поверхности отсѣкаются равномѣрно поступательными линіями волнъ, то замѣтимъ, что эти отрѣзки отъ точки A (отъ эпицентра) по направленію къ x и къ y становятся сперва все меньше и меньше до точки L, т.-е. въ одинаковые промежутки времени волны проходятъ все болѣе короткія разстоянія или, иначе говоря, быстрота ихъ постепенно уменьшается. Начиная же съ L, мы видимъ, что отрѣзки становятся опять все больше и больше, т.-е. волна въ равный промежутокъ времени проходитъ все большее разстояніе,—иными словами, быстрота движенія возрастаетъ. Это же самое непосредственно и ясно выражается и кривою годографа. Отъ A кривая повышается до точекъ P и P', которыя соотвѣтствуютъ точкѣ пересѣченія L и соотвѣтствующей точкѣ по направленію къ x, т.-е. быстрота уменьшается. Каждая соединительная линія между точками пересѣченія двухъ линій, отвѣчающихъ времени, и двухъ перпендикуляровъ отвѣчаетъ скорости, наблюдающейся между ними; чѣмъ длиннѣе эта діагональная соединительная линія, тѣмъ больше скорость; чѣмъ круче она поднимается вверхъ, тѣмъ она короче и тѣмъ меньше должна быть скорость; и если бы она стала вертикальной, то скорость равнялась бы нулю, если же она сдѣлалась бы горизонтальной, то скорость была бы безконечно велика. Начиная отъ точекъ P и P', мы видимъ, что кривая снова наклоняется, т.-е. скорость постепенно прибываетъ. Въ результатѣ, слѣдовательно, скорость землетрясенія, начиная отъ эпицентра на земной поверхности, сперва, повидимому, убываетъ до опредѣленной точки, начиная отъ которой, она снова возрастаетъ до безконечности.

Если то же самое мы представимъ себѣ согласно старымъ воззрѣніямъ, т.-е. если мы предположимъ, что волны имѣютъ

поступательное движеніе по концентрическимъ шарообразнымъ поверхностямъ, то получимъ картину, изображенную на рис. 44. Если мы и здѣсь возстановимъ въ мѣстахъ пересѣченія этихъ шарообразныхъ поверхностей съ земною поверхностью перпендикуляры и нанесемъ подъ прямымъ угломъ къ нимъ, на равныхъ разстояніяхъ, линіи, соотвѣтствующія минутамъ времени (1—8), то мѣста пересѣченія перпендикуляровъ съ линіями минутъ будутъ лежать также на кривой, которая будетъ, однако, не конхоидой, а гиперболой, т.-е. концы ея будутъ удаляться непрерывно отъ прямой ли-

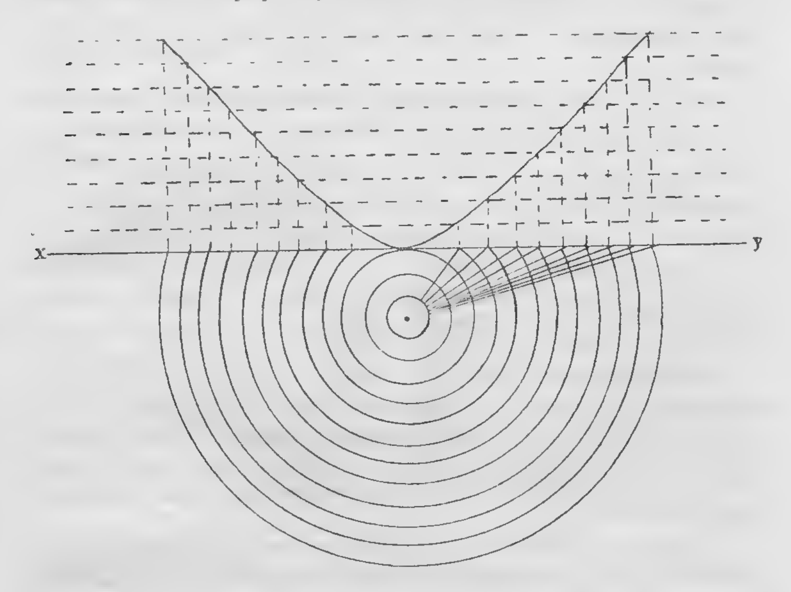


Рис. 44. Построеніе лучей толчка и годографа по прежнимъ воззрѣніямъ.

ніи основанія xy, или, иными словами, кажущаяся скорость волнъ землетрясенія, начиная отъ эпицентра, будетъ постоянно убывать, пока не будетъ равняться нулю.

Каждый, разумѣется, скажетъ, что чрезвычайно легко рѣшить, которое изъ этихъ двухъ воззрѣній правильно, такъ какъ необходимо лишь установить, убываетъ ли первоначально скорость волны землетрясенія и затѣмъ прибываетъ, или же она только равномѣрно убываетъ. Когда Шмидтъ въ 1888 году установилъ свою теорію, онъ пытался провѣрить ее факти-

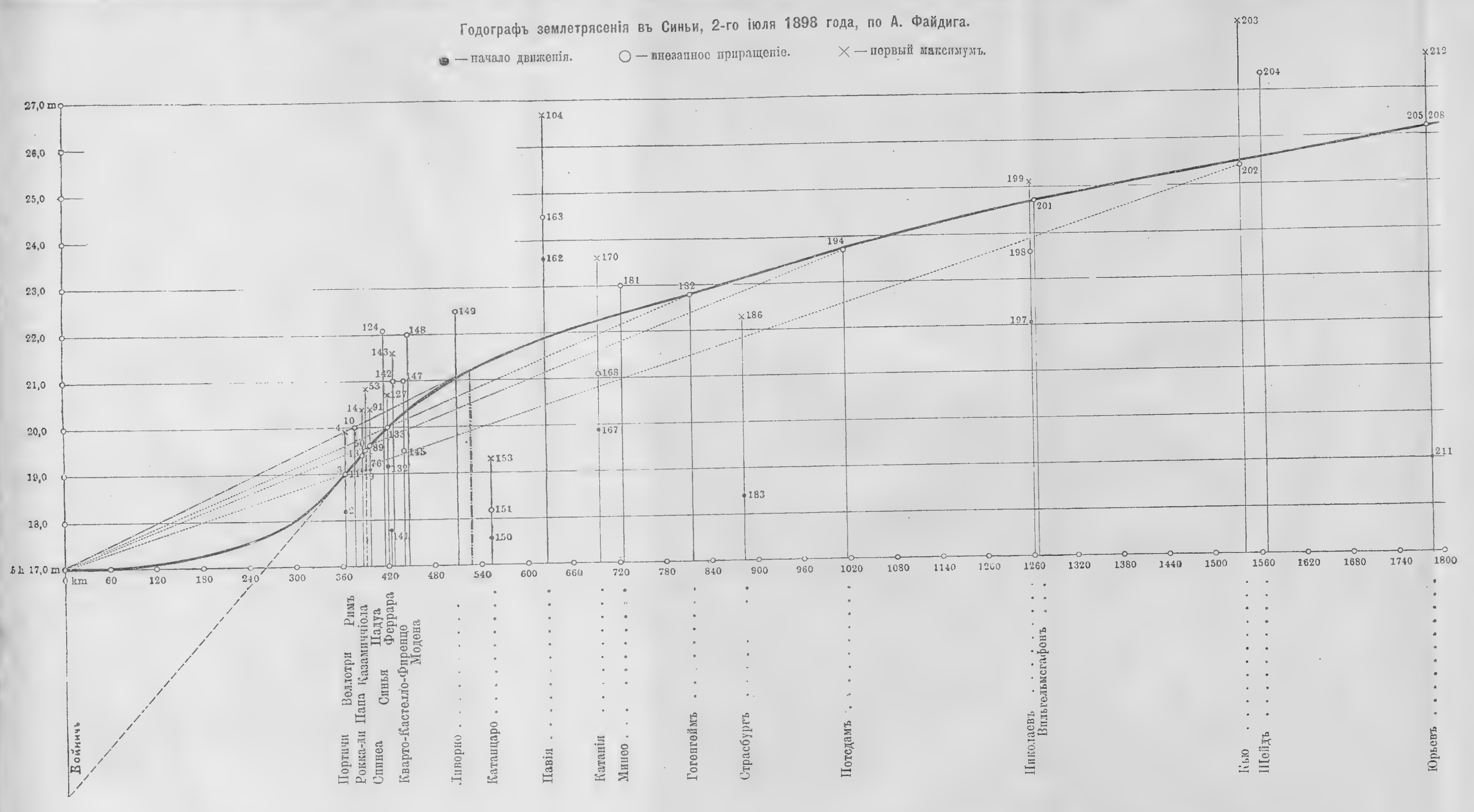
ческими наблюденіями, но въ его распоряженіи не было данныхъ, полученныхъ путемъ наблюденій инструментами, и тѣ данныя, которыми онъ воспользовался, казалось, подтверждали его теорію; однако, эти данныя, какъ мы теперь знаемъ, были не вѣрны. Блестящее подтвержденіе получила теорія Шмидта лишь значительно позднѣе, когда появились наблюденія В. Шлутера и А. Файдига, и именно въ виду того, что теорія Шмидта установлена не на основаніи его собственныхъ наблюденій, а исключительно на основаніи теоретическихъ разсужденій, заслуга его становится еще болѣе великой. Позднѣе мы увидимъ, что теорія Шмидта даетъ намъ возможность дѣлать изъ нея дальнѣйшіе практическіе выводы.

Прежде, чѣмъ разсматривать, однако, какимъ способомъ была подтверждена теорія Шмидта, мы познакомимся съ нею детальнѣе. Мы установили уже выше, что, начиная съ эпицентра, быстрота волнъ сперва уменьшается, затѣмъ увеличивается. Шмидтъ выражаетъ этотъ законъ слѣдующимъ образомъ: „Вся область землетрясенія на земной поверхности распадается на двѣ зоны — внутреннюю зону AL (рис. 43), для которой кажущаяся скорость движенія поверхности, начиная отъ эпицентра, уменьшается, и внѣшнюю зону LY, въ которой эта скорость снутри кнаружи возрастаетъ до безконечности, причемъ одновременно интенсивность понижается также до безконечности. Внутренняя зона является областью непосредственнаго дѣйствія лучей толчка, внѣшняя зона является областью вліянія той части энергіи землетрясенія, которая возвращается изъ глубины вслѣдствіе преломленія“.

На рис. 43 мы видимъ, что тотъ лучъ толчка, который исходитъ изъ эпицентра въ горизонтальномъ направленіи, касается земной поверхности въ точкѣ L, т.-е. въ той точкѣ, гдѣ наблюдается самая малая скорость поверхностныхъ колебаній; она могла бы намъ, слѣдовательно, дать нѣкоторый масштабъ скорости волнъ землетрясенія въ гипоцентрѣ.

Разсмотримъ теперь на табл. III годографъ землетрясенія въ Синьи въ Далмаціи, построенный Файдигою. Нисколько не удивительно, что цѣлый рядъ станцій не подходитъ къ этой кривой,—въ прежнія времена наблюденія надъ землетрясеніями были гораздо менѣе точными, чѣмъ теперь, но какъ-разъ результаты самыхъ крупныхъ и снабженныхъ наилучшими инструментами станцій даютъ ту форму кривой, которую приводитъ Файдига. Точно также сопо-

Годографъ землетрясенія въ Синьи, 2-го іюля 1898 года, по А. Файдига.



ставленіе данныхъ землетрясенія, происшедшаго 14-го апрѣля 1907 г. въ Мексикѣ, сдѣланное мною, доказало, что годографъ его долженъ представлять собою конхоиду, хотя отсутствіе достаточнаго количества данныхъ и не позволило болѣе точно построить этотъ годографъ. Мы видимъ, что на табл. III нанесены на горизонтальномъ основаніи точки, находящіяся въ 60 километрахъ одна отъ другой; на этой линіи нанесено положеніе отдѣльныхъ наблюдательныхъ станцій, и въ точкахъ ихъ нахожденія возстановлены перпендикуляры. Слѣва, на вертикальной координатѣ, нанесены равныя дѣленія, соотвѣтствующія каждое 1 минутѣ; отъ этихъ дѣленій проведены горизонтальныя линіи, которыя пересѣкаютъ перпендикуляры, возстановленные надъ станціями въ опредѣленныхъ точкахъ и дѣлятъ ихъ также на отрѣзки, соотвѣтствующіе минутамъ. Если теперь, беря за масштабъ эти минутныя дѣленія, нанести на перпендикуляры наблюдавшіеся моменты начала отдѣльныхъ фазъ, то для каждой изъ фазъ, поскольку правильны инструментальныя наблюденія, можно провести кривую. Въ данномъ случаѣ Файдига связалъ кривою тѣ моменты, когда наблюдалось внезапное возрастаніе движенія, и эта кривая оказалась конхоидою, которая требовалась теоріей Шмидта; она изображена на табл. III толстою линіей. Далѣе мы видимъ, что отъ эпицентра расходятся различныя нанесенныя пунктиромъ линіи, связывающія эпицентръ съ двумя станціями: такъ, имѣется линія эпицентръ—Портичи—Кью, эпицентръ—Казамиччіола — Потсдамъ, эпицентръ — Падуя — Гогенгеймъ. Чтобы выяснить значеніе этихъ линій, мы должны здѣсь воспроизвести соображенія А. Файдиги. Онъ говоритъ, что наблюденія, времени на различныхъ станціяхъ нельзя, непосредственно сравнивать другъ съ другомъ, но что ихъ должно, такъ сказать, сводить къ нѣкоторому общему среднему, подобно тому какъ, напримѣръ, давленіе воздуха въ пунктахъ наблюденія, расположенныхъ на различныхъ высотахъ приводится къ уровню моря и къ нулевой температурѣ. Способъ приведенія Файдига нашелъ въ такъ называемомъ „углѣ разстоянія и времени". Если волна землетрясенія въ опредѣленный промежутокъ времени проходитъ опредѣленное разстояніе, то это дастъ опредѣленное соотношеніе, выражающееся дробью, а именно: разстояніе, раздѣленное на время, даетъ скорость. Если та же волна землетрясенія въ другомъ мѣстѣ пройдетъ двойное разстояніе въ двойной промежутокъ времени, то эта дробь должна остаться неизмѣнной, иначе го-

воря, скорость остается неизмѣнной. Если мы предположимъ, напримѣръ, что волна землетрясенія проходитъ 8 километровъ въ секунду, то скорость будетъ равна $8:1=8$; если въ слѣдующей мѣстности она проходитъ 16 километровъ въ 2 секунды, то скорость остается одинаковою, такъ какъ $16:2=8$. То же самое мы можемъ изобразить и геометрически. Если на рис. 45 линія EA представляетъ собою разстояніе въ 8 километровъ (примѣняя какой-либо твердо установленный масштабъ), и въ концѣ этой линіи мы возстановимъ перпендикуляръ, на которомъ на какомъ угодно разстояніи намѣтимъ отрѣзокъ AA', передающій величину одной секунды, то линія EA' соединенія образуетъ съ EA опредѣленный уголъ, который мы можемъ обозначить греческой буквою. Если мы теперь продолжимъ линію EA на такое же разстояніе до B, то EB, по нашему масштабу, бу-

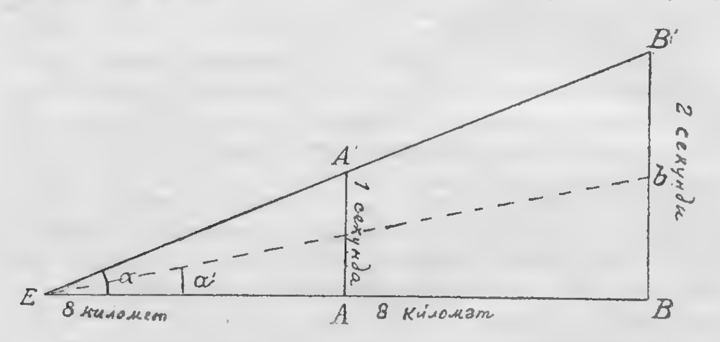


Рис. 45. Построеніе угла разстоянія и времени.

детъ соотвѣтствовать 16 километрамъ. Возстановимъ теперь въ B перпендикуляръ и нанесемъ на немъ два раза разстояніе, отвѣчающее по нашему масштабу одной секундѣ; тогда BB' будетъ соотвѣтствовать 2 секундамъ. Если мы теперь соединимъ B' и E, то мы увидимъ, что линія EB' проходитъ черезъ A', т.-е. что уголъ α при тѣхъ же условіяхъ времени и разстоянія остается неизмѣннымъ. Этотъ уголъ α Файдига называетъ „угломъ разстоянія и времени", и это новое понятіе даетъ возможность сравнивать между собою различныя наблюденія, произведенныя съ помощью инструментовъ. Если мы, напримѣръ, предположимъ, что волна землетрясенія дѣлаетъ въ какомъ-нибудь мѣстѣ 16 километровъ въ секунду, какъ это обозначено на рис. 45 пунктирной линіей EB, то уголъ разстоянія и времени α' будетъ

гораздо меньше угла α. Точно также и всѣ иныя соотношенія скоростей выражаются величиною угловъ. Разумѣется, при изслѣдованіи землетрясенія никто не будетъ строить угла, а просто его вычислятъ; вѣдь извѣстно, что въ прямоугольномъ треугольникѣ EAA' уголъ α легко вычисляется на основаніи величины сторонъ по простой тригонометрической формулѣ: $cot\alpha = \frac{EA}{AA'}$ иначе говоря, котангенсъ угла разстоянія и времени равенъ разстоянію въ километрахъ, раздѣленному на время въ секундахъ; произведя соотвѣтствующія вычисленія, легко съ помощью таблицы логариомовъ опредѣлить величину угла α въ градусахъ, минутахъ и секундахъ.

Если мы теперь обратимся снова къ годографу (табл. III), то увидимъ, что пунктирныя линіи, связывающія мѣстности съ эпицентромъ, соотвѣтствуютъ въ точности тому случаю, который изображенъ на рис. 45. Такъ, эпицентръ, Портичи и Кью лежатъ на одной прямой, и соотвѣтствующіе имъ моменты внезапнаго увеличенія колебательнаго движенія земной коры лежатъ на другой прямой, т. е. уголъ разстоянія времени для Портичи и для Кью одинъ и тотъ же: то же самое можно сказать и относительно Казамиччіола и Потсдама, Падуи и Гогенгейма. Само по себѣ это не представляло бы ничего особеннаго, такъ какъ на такой конхоидѣ, какъ годографъ, изображенный на табл. III, должно быть большое число паръ мѣстностей, находящихся на одной линіи, проходящей чрезъ эпицентръ. Файдига воспользовался, однако, этимъ обстоятельствомъ для того, чтобы вычислить, когда произошло землетрясеніе въ эпицентрѣ. Въ большинствѣ случаевъ въ эпицентрѣ землетрясенія нѣтъ сейсмографа, который отмѣтилъ бы въ точности начало землетрясенія; обыкновенно таковое опредѣляется по показаніямъ жителей данной мѣстности, опредѣляющихъ время по своимъ часамъ. Мы видѣли, однако, уже выше, что чувствительность человѣка по отношенію къ началу землетрясенія очень различна. Далѣе мы знаемъ, что такія опредѣленія времени и помимо того не могутъ быть правильными, такъ какъ часы идутъ не точно, не говоря уже о томъ, что пройдетъ все же нѣкоторый промежутокъ времени, пока тотъ или другой наблюдатель выметъ часы изъ кармана. Поэтому чрезвычайно существеннымъ является способъ, найденный Файдигою, опредѣлять начало землетрясенія въ эпицентрѣ на основаніи наблюденій на болѣе отдаленныхъ станціяхъ. Само вычисленіе чрезвычайно просто. Прежде всего мы вычисляемъ

быстроту распространенія волны землетрясенія на поверхности между Портичи и Кью. Въ Портичи землетрясеніе отмѣчено въ 5 час. 19 мин., въ Кью—въ 5 час. 25 мин. 24 сек.; разстояніе на поверхности земли между эпицентромъ и Портичи—364 километра, между эпицентромъ и Кью—1539 километровъ; разница составляетъ, слѣдовательно, 1175 километровъ. Мы не должны, конечно, вычислять прямого разстоянія между Кью и Портичи,—оно будетъ, по всѣмъ вѣроятіямъ, совершенно инымъ; мы должны себѣ представить, что Кью и Портичи располагаются по кругамъ, центромъ которыхъ является эпицентръ: насъ интересуетъ, слѣдовательно, разность обоихъ радіусовъ, и мы получаемъ ее, вычитая разстояніе отъ эпицентра до Портичи изъ разстоянія отъ эпицентра до Кью. Рис. 46-й пояснитъ сказанное: *F* представляетъ эпицентръ, *P*—Портичи и *K*—Кью; волна достигаетъ окружности, на которой располагается *P* въ опредѣленное время; второй окружности, на которой располагается *K*, она достигаетъ въ другой также опредѣленный моментъ. Если мы *F* соединимъ съ *K*, то *FP'* будетъ равняться *FP*; мы должны, слѣдовательно, вычесть лишь *FP* изъ *FK* и получимъ разстояніе между окружностью, на которой стоитъ *K*, и окружностью съ *P*; между тѣмъ, разстояніе *PK* было бы совершенно инымъ.

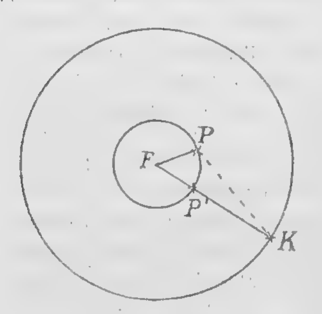


Рис. 46. Разстояніе двухъ точекъ отъ эпицентра и его опредѣленія.

Разстояніе въ 1175 километровъ волна землетрясенія прошла, слѣдовательно, въ 6 мин. 24 сек. (5 час. 25 мин. 24 сек.—5 час. 19 мин.=6 мин. 24 сек.) или, выражая въ секундахъ,—въ 384 секунды. Если мы раздѣлимъ теперь разстояніе 1175 на 384, то узнаемъ, сколько километровъ волна землетрясенія проходитъ въ секунду,—оказывается 3,06 километра. Но, если теперь землетрясеніе подвигается со скоростью 3,06 километровъ, то разстояніе между эпицентромъ и Портичи оно должно было пройти въ промежутокъ времени, равный разстоянію между эпицентромъ и Портичи, дѣленному на 3,06, т.-е., слѣдовательно, въ 364:3,06=119 сек. или въ 1 мин. 59 сек. Если, слѣдовательно, въ Портичи землетрясеніе наблюдалось въ 5 час. 19 мин., то въ эпицентрѣ оно должно было начаться въ 5 час. 17 мин. 1 сек.

Тотъ же самый результатъ получаемъ мы, если будемъ исходить изъ данныхъ Кью: разстояніе Кью отъ эпицентра составляетъ 1539 километровъ; дѣля его на 3,06, получаемъ 503 сек. или 8 мин. 23 секундъ. Такъ какъ въ Кью землетрясеніе началось въ 5 час. 25 мин. 24 сек., то начало его въ эпицентрѣ произошло, слѣдовательно, въ 5 час. 17 мин. 1 сек.

Вычисляя, такимъ образомъ, время лишь по одной парѣ мѣстностей, мы получаемъ не вполнѣ точный результатъ, такъ какъ углы не совсѣмъ равны; но если въ нашемъ распоряженіи имѣется нѣсколько паръ мѣстностей, то мы можемъ получить изъ нихъ среднее, которое лишь очень мало отклоняется отъ дѣйствительнаго начала землетрясенія въ эпицентрѣ.

Переходимъ теперь къ разсмотрѣнію способовъ распространенія землетрясеній по земной поверхности. Мы видѣли уже выше, что очагъ землетрясенія можетъ имѣть самую различную форму, и, соотвѣтственно съ этимъ, способъ распространенія землетрясенія на поверхности можетъ быть различнымъ. Распространеніе сотрясенія мы можемъ изобразить графически на географической картѣ, соединяя линіей всѣ мѣстности, гдѣ землетрясеніе наступало въ одинъ и тотъ же моментъ. Такія линіи носятъ названіе гомосейстъ, косейстъ или изохронъ. При прежнихъ обработкахъ землетрясеній ихъ строили очень часто, и на рис. 24 мы приводимъ тому примѣръ. На этой картѣ, кромѣ упомянутыхъ линій, нанесены еще и изосейсты (рис. 24); изъ нихъ изосейсты, охватывающія область самаго сильнаго сотрясенія, называются плейстосейстами. Гомосейсты на этой картѣ имѣютъ форму окружностей,—онѣ соотвѣтствуютъ, слѣдовательно, эпицентру въ видѣ точки; такое землетрясеніе носитъ названіе землетрясенія, распространяющагося изъ центра. Впрочемъ, эти гомосейсты несомнѣнно фантастичны, такъ какъ это землетрясеніе въ $3^1/_2$ минуты прошло будто бы отъ Герцогенрата до Кёльна—разстояніе, составляющее 61 километръ,—тогда какъ по всѣмъ предшествовавшимъ наблюденіямъ волны землетрясенія распространяются со скоростью 3,3—3,4 километровъ въ секунду и, слѣдовательно, должны были бы пройти это разстояніе въ 18 секундъ. Приводимая карта гомосейстъ показываетъ намъ лишь, какъ мы должны себѣ представлять распространеніе волнъ. Если исходное мѣсто сотрясенія

представляетъ собою не точку, а линію, то гомосейсты принимаютъ форму эллипсовъ, и землетрясеніе называется въ такомъ случаѣ осевымъ. Если мѣсто возникновенія землетрясенія представляетъ собою очень длинную вытянутую линію, то гомосейсты образуютъ сильно вытянутые въ длину эллипсы, и землетрясеніе получаетъ названіе линейнаго. Въ концѣ концовъ, возможно также, что сотрясеніе произойдетъ не въ вертикальномъ направленіи, а въ боковомъ, такъ что ощутится въ одну сторону сильнѣе, въ другую слабѣе, или даже вовсе не ощутится: такое землетрясеніе называлось бы боковымъ. Таковымъ было будто бы великое калабрійское землетрясеніе 1783 г.,—оно было направлено, главнымъ образомъ, ко впадинѣ Тирренскаго моря, но ощущалось чрезвычайно слабо или даже вовсе не ощущалось въ горахъ Аспромонте. Лазо сравниваетъ эти различные способы распространенія землетрясеній съ волнообразными движеніями воды: камень, брошенный въ воду, образуетъ волны въ видѣ окружностей (движеніе, исходящее изъ центра); палка, ударяющая по водѣ, образуетъ эллиптическое (осевое) или—при значительной ея длинѣ—линейное движенія. Если представить себѣ, что палка или камень опускаются на поверхность воды не вертикально, а съ нѣкоторою силою ударяютъ подъ угломъ, то тогда образуется форма волненія, соотвѣтствующая боковому землетрясенію. Я хотѣлъ бы отмѣтить еще, что все это дѣленіе довольно гипотетично и имѣетъ мало практическаго значенія, пока гомосейсты не устанавливаются на основаніи многочисленныхъ инструментальныхъ опредѣленій.

Тектоническія землетрясенія раздѣлялись еще и инымъ способомъ,—именно, сообразно съ отношеніемъ ихъ распространенія къ направленію горъ. Мы говорили уже выше, что большинство горъ возникаетъ путемъ образованія складокъ; эти складки въ общемъ обыкновенно параллельны направленію горнаго хребта. Если теперь землетрясеніе распространяется вдоль хребта, параллельно складкамъ и параллельно хребту, то его называютъ продольнымъ; если оно, наоборотъ, перпендикулярно таковымъ, то носитъ названіе поперечнаго землетрясенія. Къ поперечнымъ землетрясеніямъ принадлежатъ, напримѣръ, такія, которыя происходятъ на упомянутой выше кампской линіи, равно какъ и землетрясеніе, происшедшее 19-го іюня 1873 г. въ Беллуно. Продольнымъ землетрясеніемъ является то, которое

разрушило Санъ-Франциско 18-го апрѣля 1906 года, равно какъ и землетрясенія, происходящія по побережью Герреро въ Мексикѣ.

Разсмотрѣвъ, какое вліяніе имѣетъ форма очага землетрясенія на его распространеніе, мы перейдемъ теперь къ изученію того, въ какомъ отношеніи это распространеніе стоитъ въ связи съ глубиною очага, и снова обратимся къ годографу. Чѣмъ ближе очагъ землетрясенія къ поверхности, тѣмъ болѣе сближаются обѣ поворотныя точки P и P' на рис. 43, и тѣмъ меньше зона, въ которой скорость распространенія волнъ землетрясенія уменьшается. Это ясно уже изъ слѣдующаго соображенія: если мы предположимъ, что на рис. 43 очагъ C будетъ располагаться наполовину ближе къ поверхности земли, какъ это указываетъ пунктирная линія xy, то тогда лучъ толчковъ, выходящій горизонтально изъ эпицентра и изображенный болѣе толстою чертою, встрѣтитъ земную поверхность xy гораздо ближе къ эпицентру, чѣмъ ранѣе. Иначе говоря, съ приближеніемъ очага землетрясенія къ поверхности, точки P и P' сблизятся, такъ какъ надъ точкою, гдѣ земную поверхность пересѣкаетъ лучъ толчковъ, выходящій горизонтально изъ эпицентра, располагается поворотная точка годографа. Кромѣ того, уменьшается зона, въ которой быстрота волнъ землетрясенія убываетъ. Глубина положенія очага землетрясенія стоитъ, слѣдовательно, въ совершенно опредѣленномъ отношеніи къ формѣ годографа, откуда вытекаетъ возможность вычислить глубину гипоцентра. До сихъ поръ не удалось еще, правда, найти метода, съ помощью котораго можно было бы непосредственно опредѣлить глубину очага, но годографъ каждаго землетрясенія позволяетъ опредѣлить приблизительныя величины этой глубины. Изъ самаго построенія годографа вытекаетъ, что пространство между эпицентромъ A и точкою наименьшей скорости L должно быть всегда значительно больше глубины очага землетрясенія. Примѣнимъ это къ какому-нибудь опредѣленному случаю. Въ годографѣ землетрясенія Синьи (табл. III) разстояніе между эпицентромъ и поворотной точкой, лежащей у Рима, составляетъ 390 километровъ, глубина очага должна быть, слѣдовательно, менѣе этой цифры, и 390 километровъ составляетъ максимальную величину. Для того, однако, чтобы получить нѣсколько болѣе точное представленіе о глубинѣ очага, мы должны располагать и минимальной величиной.

Если въ поворотной точкѣ провести касательную къ конхоидѣ годографа, то она отрѣжетъ отъ той линіи, которая соединяетъ эпицентръ съ очагомъ землетрясенія, кусокъ, который меньше дѣйствительной глубины очага землетрясенія. На табл. III такая касательная и проведена. Если теперь продолжить внизъ отъ эпицентра дѣленіе на минуты, то легко можно вымѣрить, сколько минутъ требуется для прохожденія волною землетрясенія этого куска, отсѣченнаго касательною. Въ данномъ случаѣ измѣреніе дало бы 4 мин. 39 сек. или, переводя на секунды, 279 секундъ. Мы знаемъ теперь, что истинная скорость въ точкѣ минимальной скорости L (табл. III) на земной поверхности соотвѣтствуетъ скорости въ эпицентрѣ. Истинная скорость представляетъ собою, однако, разстояніе, которое проходитъ лучъ толчковъ въ секунду, и мы можемъ его, по крайней мѣрѣ, приблизительно опредѣлить изъ наблюденій двухъ сосѣднихъ станцій. Въ данномъ случаѣ вычисленіе вблизи Рима дало скорость въ 1,33 километра въ секунду. Если это число мы помножимъ на выраженную въ секундахъ длину разстоянія между эпицентромъ и точкой пересѣченія касательной, то минимальная глубина очага, въ данномъ случаѣ, составитъ $279 \times 1,33 = 371$ километръ. Глубина очага должна, слѣдовательно, быть болѣе 371 километра и менѣе 390 километровъ, т.-е. она соотвѣтствуетъ приблизительно 380—381 километрамъ. При другихъ землетрясеніяхъ были найдены сходныя крупныя цифры, которыя на первый взглядъ могутъ показаться невѣроятными. Но если мы вспомнимъ, что поперечникъ земного шара имѣетъ длину въ 12754 километра, то эти опредѣленія глубины очага землетрясеній отнюдь не покажутся намъ особенно сверхъестественными, надо только отказаться отъ предвзятаго мнѣнія, будто всѣ крупныя землетрясенія непремѣнно тектоническаго характера, и принять во вниманіе, что обширныя землетрясенія обусловливаются процессами, происходящими внутри земли, какъ мы это изложили уже выше на стр. 15.

Прежде опредѣляли глубину очага землетрясеній также на основаніи скорости распространенія при помощи очень простой математической формулы, но, принимая во вниманіе, что такія опредѣленія основывались на устарѣломъ взглядѣ на распространеніе волнъ землетрясенія въ видѣ концентрическихъ шаровыхъ поверхностей, мы должны признать эти опредѣленія ошибочными, почему и не оста-

навливаемся далѣе на самомъ методѣ опредѣленія глубины очага.

Относительно быстроты, съ которою землетрясеніе распространяется, было предпринято много изслѣдованій; въ болѣе старинныхъ работахъ, основывавшихся на опредѣленіи времени съ помощью карманныхъ или башенныхъ часовъ, приводятся сравнительно небольшія скорости; не стоитъ ихъ указывать здѣсь, такъ какъ новѣйшія изслѣдованія показали, что онѣ несомнѣнно неправильны: достаточно замѣтить, что скорости, полученныя такимъ способомъ, колеблются между 300 и 750 метрами въ секунду. Совершенно иные результаты дали новѣйшія вычисленія, произведенныя на основаніи показаній сейсмографовъ. Они обнаружили, что скорость волнъ, ощущаемыхъ человѣкомъ, колеблется между 3,3 и 3,4 километрами въ секунду. Особенно важное значеніе получила въ этомъ отношеніи такъ называемая сейсмическая тріангуляція, начатая въ Японіи японскими учеными Секія и Омори и законченная Имамурой. Въ этой тріангуляціи участвовали четыре станціи, снабженныя сейсмографами, и Имамурѣ удалось доказать, что при близкихъ землетрясеніяхъ средняя быстрота распространенія равняется 3,38 ± 0,05 километровъ въ секунду. Съ этимъ совпадаютъ и результаты, полученные въ Европѣ, — по Агамеммону 3,0—3,8 километра, по Канкани 3,42 ± 0,13 километра, по Креднеру 3,3 километра въ секунду. Эти опредѣленія относятся къ такъ называемымъ долгимъ или поверхностнымъ волнамъ; мы увидимъ позднѣе, какъ обстоитъ дѣло съ остальными фазами землетрясенія.

Быстрота распространенія землетрясенія различается, разумѣется, и въ зависимости отъ горныхъ породъ, чрезъ которыя передается движеніе. Можно заранѣе предсказать, что быстрота тѣмъ болѣе значительна, чѣмъ плотнѣе порода; однако, это правило видоизмѣняется еще другими обстоятельствами, такъ какъ быстрота зависитъ также отъ положенія слоевъ, отъ присутствія глубокихъ долинъ, отъ сбросовъ и т. п. Относительно отдѣльныхъ деталей такихъ вліяній мы не имѣемъ еще достаточно данныхъ. Что быстрота зависитъ не только отъ плотности породъ, показываетъ слѣдующая таблица, основанная на результатахъ опытовъ Нагаока.

ГОРНАЯ ПОРОДА	Геологическій возрастъ.	Плотность.	Быстрота распространенія въ километрахъ въ 1 сек.
Перидотитовый серпентинъ .	До-кэмбрійск.	2,786	5,86
Мраморъ	Палеозойск.	2,654	4,09
Вывѣтр. глин. сланецъ . .	»	2,490	2,25
Песчаникъ-изуми	Мезозойск.	2,236	2,93
Туфовый песчаникъ . .	Третичн.	2,305	3,16
Ріолитовый туфъ	»	2,346	3,11
Ріолитъ	»	1,944	3,02
Ріолитовый туфъ	»	2,198	2,14
Туфъ	Четвертичн.	2,557	4,40
Андезитъ	»	2,397	3,06
Андезитовый туфъ . . .	»	2,014	2,58
Андезитъ	»	1,943	2,54

Эти результаты были получены на основаніи наблюденій надъ настоящими землетрясеніями, но, кромѣ того, производились и опыты относительно быстроты распространенія сотрясеній, вызывавшихся искусственно взрывами; на слѣдующей таблицѣ мы приводимъ результаты этихъ опытовъ.

ГОРНАЯ ПОРОДА	Быстрота распространенія въ метрахъ въ секунду по опытамъ:			
	Пфаффа.	Р. Маллэ	Дж. Мильна	Ф. Фукэ и Мишель-Леви.
Гранитъ	539	—	800—1400	2450—3141
Рыхлый гранитъ	—	398	—	—
Плотный гранитъ	—	507	—	—
Известнякъ	547	—	900—1260	—
Мраморъ	—	—	800—1300	632
Сланецъ	737	331	1000—1600	—
Плотный песчаникъ	—	—	—	2000—2526
Менѣе плотный песчаникъ . .	—	—	—	1190
Туфъ	—	—	800—1100	—
Песокъ	—	250	—	300

Бросается въ глаза, что прежніе наблюдатели и въ этомъ случаѣ находили гораздо меньшія скорости, чѣмъ наблюдатели новѣйшіе, но это зависитъ, по всѣмъ вѣроятіямъ, отъ болѣе совершенныхъ измѣрительныхъ приборовъ, бывшихъ въ распоряженіи послѣднихъ. Съ другой стороны, скорость движенія зависитъ, повидимому, и отъ силы сотрясенія и отъ разстоянія отъ исходной точки. Такъ, Абботъ, напримѣръ, нашелъ, что взрывы въ гранитѣ, въ зависимости отъ

количества взрывчатаго вещества, обнаруживаютъ различную скорость распространенія, а именно:

200 килограммовъ взрывчатаго вещества даетъ быстроту . . . . . 2940 м. въ 1 сек.
100 килограммовъ . . . . 2910 „ „ 1 „
35 „ . . . . 2300 „ „ 1 „

Тотъ же самый изслѣдователь измѣрилъ быстроту распространенія въ различныхъ мѣстахъ и получилъ, что при взрывѣ 100 килограммовъ взрывчатаго вещества въ гранитѣ:
при 1 англ. милѣ разстоянія—скорость . 2810 м. въ 1 сек.
„ 5 „ „ „ „ . 2750 „ „ 1 „

О. Геккеръ, при взрывѣ 1500 килограммовъ въ рыхлой песчаной почвѣ, нашелъ, что быстрота распространенія слѣдующая:
205 мтр. въ сек. на разстояніи 210 мтр. отъ мѣста взрыва
1 430 „ „ „ „ „ 6200 „ „ „ „

Всѣ эти опыты имѣютъ тотъ недостатокъ, что они предпринимались на поверхности и, слѣдовательно, въ лучшемъ случаѣ могутъ быть сравниваемы съ сотрясеніями, производимыми тѣми землетрясеніями, которыя обусловливаются обваломъ.

Если мы вспомнимъ теперь, какъ распространяются волны землетрясеній, именно представимъ себѣ, что онѣ распространяются въ видѣ эксцентрическихъ шаровыхъ волнъ, то мы должны будемъ ожидать, что, начиная съ эпицентра, быстрота уменьшается, затѣмъ, начиная съ опредѣленной точки, снова увеличивается. Уже при разсмотрѣніи годографа, построеннаго А. Файдигою, мы признали это правильнымъ и теперь приведемъ лишь въ видѣ таблицы нѣкоторыя вычисленныя при этомъ скорости.

МѢСТО НАБЛЮДЕНІЯ	Разстояніе въ километрахъ.		Скорость распространенія.	
	отъ эпицентра	между собою	отъ эпицентра	отъ предыд. мѣста.
Войничъ (эпицентръ)—Портичи	364	364	3,03	—
Портичи—Рокка-ди-Папа	386	22	2,68	1,61
Рокка-ди-Папа—Римъ	390	4	2,60	1,33
Римъ—Казамиччіола	397	7	2,54	1,73
Казамиччіола—Гогенгеймъ	816	419	2,35	2,10
Гогенгеймъ—Потсдамъ	1063	197	2,52	2,94
Потсдамъ—Вильгельмсгафенъ	1265	252	2,74	3,66
Вильгельмсгафенъ—Кью	1539	274	3,05	4,36
Кью—Юрьевъ	4784	3245	3,25	—

Спрашивается, какъ относятся между собою **различныя фазы землетрясенія**? Было замѣчено, что онѣ развиваютъ совершенно различныя скорости. Во время мексиканскаго землетрясенія 14-го апрѣля мною были вычислены слѣдующія скорости:

МѢСТО НАБЛЮДЕНІЯ	Разстояніе отъ эпицентра по дугѣ *b* и по хордѣ *s* въ километрахъ.		Быстрота распространенія въ километрахъ въ сек.		
			I предш. фаза	II предш. фаза	Начало длин. волнъ
Мексико	*b*	292	8,59		4,71
	s	292	8,59		
Вашингтонъ	*b*	3280	8,65	4,77	2,89
	s	3245	8,56		
Альбани	*b*	3766	9,66	5,23	2,99
	s	3712	9,52		
Ріо-Жанейро	*b*	7544	11,01	6,16	3,73
	s	7113	10,38		
Кью	*b*	9172	? 12,77	6,64	3,77
	s	8402	? 11,70		
Парижъ	*b*	9445	12,44	6,83	3,83
	s	8605	11,34		
Геттингенъ	*b*	9830	12,60	6,87	? 4,31
	s	8886	11,39		
Грацъ	*b*	10375	12,76	7,11	3,88
	s	9269	11,40		
Загребъ	*b*	10518	12,89	6,82	3,91
	s	9366	11,48		
Токіо	*b*	11498	13,25	6,87	4,39
	s	10003	11,52		

Въ этой таблицѣ *b* обозначаетъ разстояніе мѣстности по большому кругу отъ эпицентра, *с* — разстояніе между мѣстностью и эпицентромъ, измѣренное по хордѣ. Мы видимъ, что кажущаяся быстрота на поверхности земли между Мексико и Вашингтономъ, при длинныхъ волнахъ, дѣйствительно, сперва убываетъ, затѣмъ снова увеличивается; къ сожалѣнію, изъ-за недостатка данныхъ, не удается опредѣлить, гдѣ располагается поворотная точка. Мы видимъ, что, начиная отъ Вашингтона, быстрота постоянно увеличивается. Для первой фазы быстрота была вычислена и по хордѣ, такъ какъ мы предполагаемъ, что эти волны распространяются непосредственно сквозь земной шаръ (рис. 40).

Годографъ, построенный **Файдигою** для землетрясенія въ Синьи, показалъ намъ, какимъ способомъ можно изобразить графически уменьшеніе и возрастаніе скорости. Ученые не ограничились, однако, составленіемъ такихъ годографовъ

для отдѣльныхъ землетрясеній. Чтобы сдѣлать наглядною скорость распространенія волнъ землетрясенія въ различныхъ фазахъ, были на основаніи надежныхъ наблюденій надъ различными землетрясеніями построены годографы, имѣющіе общій характеръ, или, какъ мы въ такомъ случаѣ ихъ называемъ, кривыя продолжительности движенія. Такимъ образомъ, Бенндорфомъ были, напримѣръ, построены такія кривыя для обѣихъ первыхъ предшествующихъ фазъ, изображенныхъ на рис. 47; здѣсь взяты за единицу

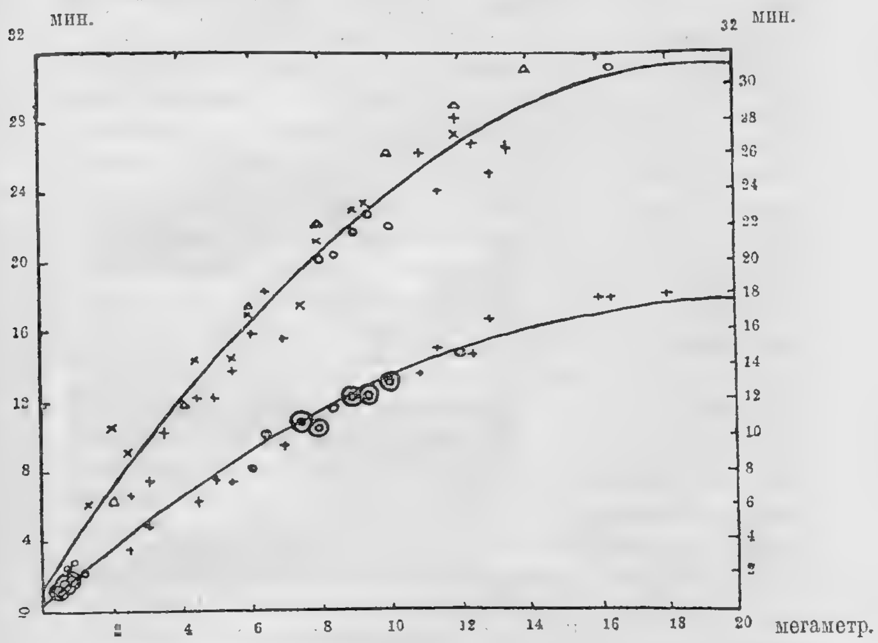


Рис. 47. **Кривыя продолжительности движенія первой и второй предшествующей фазы** (по Бенндорфу).

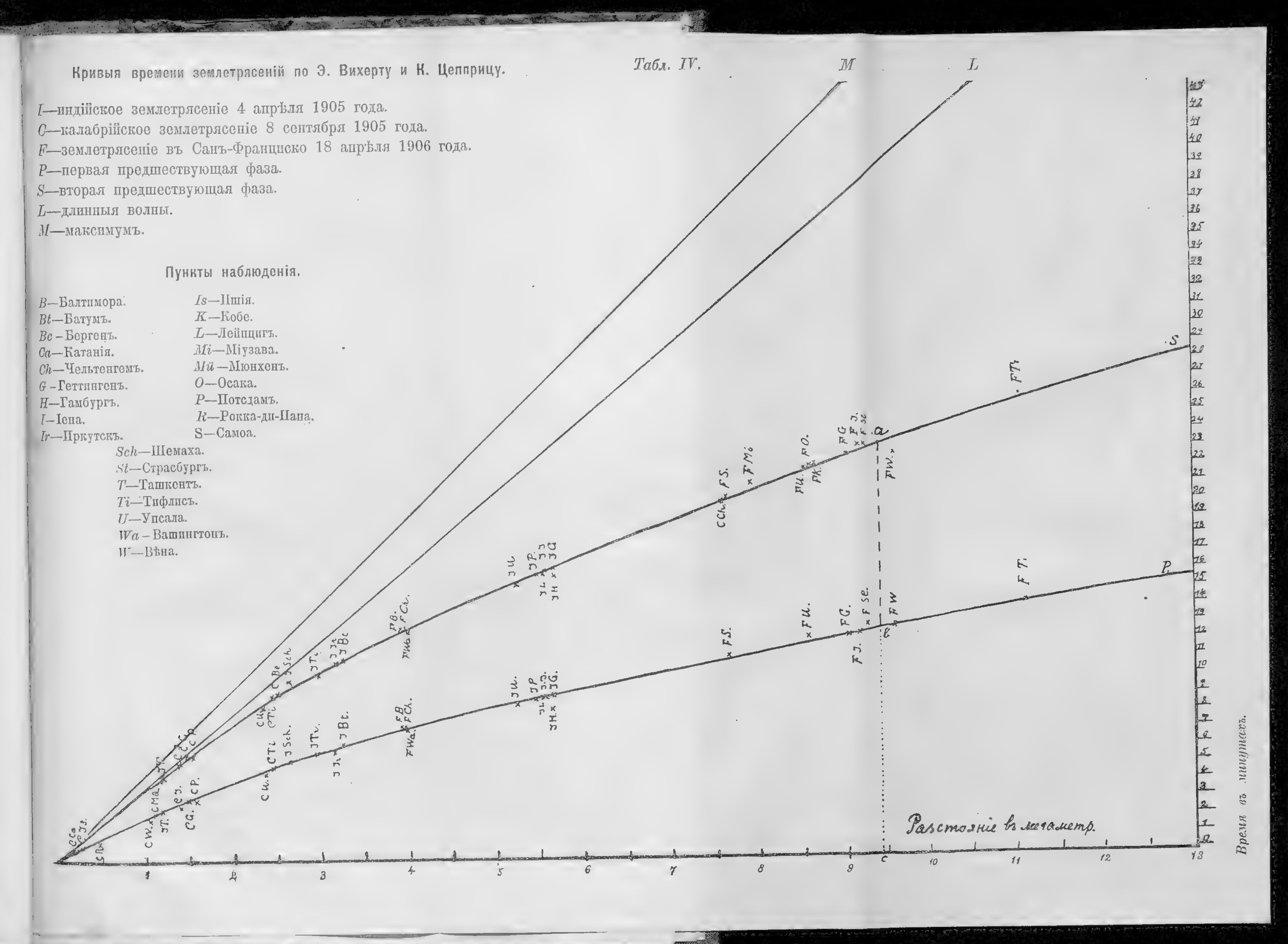
Нижняя кривая (первая предшеств. фаза) . .
- ◎ Станціи съ болѣе чѣмъ 10 наблюденіями.
- ○ » » 5—10 » »
- + » » 1—4 » »

Верхняя кривая (вторая предшеств. фаза). . .
- ▫ Станціи съ болѣе чѣмъ 10 наблюденіями.
- + » » менѣе » » »
- × Наблюденія съ заторможенными маятниками.
- △ Величины, вычисленныя Дж. Мильномъ.

минуты и мегаметры (1 мегаметръ=1000 километровъ). Ясно изъ чертежа, что эти результаты не особенно хорошо совпадаютъ между собою — это обусловливается прежде всего недостаточною точностью наблюденій, неодинаковою чувствительностью инструментовъ и различною глубиною очага землетрясенія, а равно и мѣстными различіями въ тѣхъ слояхъ горныхъ породъ, чрезъ которые должны пройти волны. Вѣдь, само собою разумѣется, совершенно ошибочно, если физики при вычисленіи волнъ землетрясенія, проходящихъ внутри земли, принимаютъ землю за однородный упругій шаръ; пока, однако, наши наблюденія еще недостаточно полны, чтобы на нихъ можно было установить мѣстныя особенности и ихъ причины. Бенндорфъ вычислилъ свои кривыя также математически и на основаніи ихъ установилъ формулы, равно какъ и попытался вычислить скорость распространенія землетрясенія по поверхности земли для каждаго даннаго разстоянія. Въ недавнее время Вихертъ и Цепприцъ въ Гёттингенѣ построили новыя кривыя продолжительности движенія на основаніи вполнѣ доброкачественнаго матеріала; эти кривыя мы воспроизводимъ на табл. IV.

Если, такимъ образомъ, для различныхъ фазъ землетрясенія можно построить кривыя, имѣющія значеніе для всѣхъ случаевъ, то изъ этого вытекаетъ, что продолжительность различныхъ фазъ и въ особенности предшествующихъ фазъ должна быть строго опредѣленной для любого разстоянія отъ эпицентра. Если мы, слѣдовательно, знаемъ разстояніе мѣстности отъ эпицентра, то уже этимъ самымъ намъ дается и продолжительность данныхъ фазъ, или обратно, если мы знаемъ продолжительность предшествующихъ фазъ землетрясенія на опредѣленной мѣстности, то изъ этого мы можемъ узнать разстояніе этой мѣстности отъ эпицентра. Иными словами, — продолжительность предварительныхъ фазъ стоитъ въ совершенно опредѣленномъ соотношеніи съ разстояніемъ точки наблюденія отъ эпицентра.

Потому простѣйшимъ методомъ для опредѣленія разстоянія отъ эпицентра является измѣреніе по сейсмограммѣ длины первой предшествующей фазы; затѣмъ опредѣленное число минутъ и секундъ берется по масштабу времени, употребляемому при построеніи кривыхъ продолжительности движенія Вихертъ-Цепприца, и тогда остается лишь отложить это разстояніе между обѣими кривыми первой и второй предварительныхъ фазъ такимъ образомъ, чтобы конечныя точки этого вертикально стоящаго отрѣзка точно совпадали съ кривыми;



Кривыя времени землетрясенiй по Э. Вихерту и К. Цепприцу.
Табл. IV.
I—индiйское землетрясенiе 4 апрѣля 1905 года.
C—калабрiйское землетрясенiе 8 сентября 1905 года.
F—землетрясенiе въ Санъ-Францискo 18 апрѣля 1906 года.
P—первая предшествующая фаза.
S—вторая предшествующая фаза.
L—длинныя волны.
M—максимумъ.
Пункты наблюденiя.
B—Балтимора.
Bt—Батумъ.
Bc—Бергенъ.
Ca—Катанiя.
Ch—Чельтенгемъ.
G—Геттингенъ.
H—Гамбургъ.
I—Iена.
Ir—Иркутскъ.
Is—Ишiя.
K—Кобе.
L—Лейпцигъ.
Mi—Мiузава.
Mü—Мюнхенъ.
O—Осака.
P—Потсдамъ.
R—Рокка-ди-Папа.
S—Самоа.
Sch—Шемаха.
St—Страсбургъ.
T—Ташкентъ.
Ti—Тифлисъ.
U—Упсала.
Wa—Вашингтонъ.
W—Вѣна.
M
L
S
P
Разстоянiе въ мегаметр.
Время въ минутахъ.

тогда мы на скалѣ разстояній непосредственно будемъ въ состояніи отсчитать число километровъ. Пояснимъ это примѣромъ. Во время мексиканскаго землетрясенія 14-го апрѣля 1907 года первая предварительная фаза продолжалась въ Парижѣ съ 6 час. 20 мин. 39 сек. до 6 час. 31 мин. 3 сек., длилась, слѣдовательно, 10 мин. 24 сек. Если мы теперь и это разстояніе отложимъ на масштабѣ времени, данномъ на табл. IV, и помѣстимъ его между обѣими кривыми двухъ начальныхъ фазъ, то мы получимъ положеніе, которое отмѣчено линіей *ab*, состоящей изъ короткихъ черточекъ; если мы эту линію продолжимъ внизъ, то она въ точкѣ *c* пересѣчетъ масштабъ разстояній и отрѣжетъ на немъ разстояніе въ 9450 километровъ, которое и должно соотвѣтствовать разстоянію между Парижемъ и эпицентромъ мексиканскаго землетрясенія. Если, принимая во вниманіе долготы и широты обѣихъ мѣстностей, вычислить это разстояніе съ помощью геодезическихъ формулъ, то получится разстояніе въ 9445 километровъ; такимъ образомъ, опредѣленіе при помощи сейсмограммы было чрезвычайно удачнымъ, такъ какъ оно отличается отъ дѣйствительной величины лишь на 5 километровъ. Иногда разница, конечно, бываетъ и большей,—это зависитъ отъ неточности въ опредѣленіи начала второй предварительной фазы, отъ степени чувствительности инструмента и отъ мѣстныхъ ускореній или замедленій при прохожденіи волнъ чрезъ различные слои горныхъ породъ, а равно и отъ глубины очага землетрясенія.

Было, однако, давно уже открыто, что разстояніе отъ эпицентра можетъ быть найдено и безъ такого вымѣриванія на основаніи такъ называемыхъ эмпирическихъ формулъ. Это формулы, которыя были установлены на основаніи многочисленныхъ инструментальныхъ наблюденій и, слѣдовательно, не выведены изъ какого-нибудь естественнаго закона, а основываются исключительно на опытѣ. По изслѣдованіямъ японца Омори, надо примѣнять двѣ различныя формулы— одну для мѣстныхъ землетрясеній и другую для дальнихъ. Это, впрочемъ, является и самимъ собою подразумѣвающимся, такъ какъ намъ извѣстно, что мѣстныя землетрясенія, т.-е. происходящія не далѣе какъ за 500 километровъ, обнаруживаютъ лишь одно предварительное нарушеніе, тогда какъ дальнія землетрясенія, происходящія болѣе чѣмъ въ 500 километрахъ разстоянія, имѣютъ два такихъ нарушенія. Формула Омори для вычисленія разстоянія отъ эпицентра при мѣстныхъ землетрясеніяхъ такова:

$$x \text{ килом.} = 7{,}27 \times y \text{ сек.} + 38 \text{ килом.}$$

Здѣсь x означаетъ разстояніе отъ эпицентра, y—продолжительность первоначальной фазы въ секундахъ. Эта формула пригодна для разстояній отъ эпицентра до 1000 километровъ. Если мы возьмемъ, въ качествѣ примѣра, японское землетрясеніе въ Нагано 17-го января 1897 г., то при немъ продолжительность предварительнаго нарушенія равнялась 17 сек., слѣдовательно, по формулѣ $\kappa=7,27\times17+38=162$ км.; дѣйствительное разстояніе, вычисленное при помощи геодезической формулы, составляетъ 170 километровъ.

Для дальняго землетрясенія, происходящаго болѣе чѣмъ въ 4000 километрахъ, Омори далъ слѣдующія формулы:

$$x \text{ килом.} = 1,28 \ (P-E) \text{ сек.}$$
$$x \text{ килом.} = 7,2 \ (S-E) \text{ сек.}$$

Здѣсь E представляетъ собою время наступленія землетрясенія въ эпицентрѣ, P—время наступленія первой предшествующей фазы, S—второй предшествующей фазы въ мѣстѣ наблюденія, x—искомое разстояніе отъ эпицентра. Эти формулы можно измѣнить, исключая E, такимъ образомъ, что изъ нихъ вытекаетъ слѣдующее правило: если выразить продолжительность первой предшествующей фазы въ минутахъ, уменьшить эту продолжительность на 1 минуту, то получится разстояніе отъ эпицентра, выраженное въ тысячахъ километровъ или въ мегаметрахъ. Иначе говоря, формула будетъ такой:

$$x \text{ мегам.} = S \text{ мин.} - P \text{ мин.} - 1 \text{ мин.}$$

Къ этой формулѣ Ласка присоединилъ вторую, которая показываетъ, что продолжительность всего предварительнаго нарушенія, выраженная въ минутахъ, равна утроенному разстоянію отъ эпицентра въ мегаметрахъ, или выражая алгебраически:

$$3x = L - P \text{ или } x = \frac{L-P}{3}$$

Обѣ эти формулы можно соединить, и тогда получается слѣдующая формула:

$$x = \frac{(L+S)-(2P+1)}{4}$$

Если мы для поясненія этихъ простыхъ формулъ снова возьмемъ приведенный выше примѣръ, именно числа, отмѣченныя парижскими сейсмографами при мексиканскомъ землетрясеніи 14-го апрѣля 1907 г., то мы получимъ слѣдующее:

Первая предшеств. фаза (P) наступила въ 6 час. 20 мин. 39 сек.
Вторая » » (S) » » 6 » 31 » 03 »
Главная » » (L) » » 6 » 49 » 03 »

Если мы теперь вставимъ эти числа въ вышеприведенныя три формулы, то по первой формулѣ получимъ:

$x = 6$ ч. 31 м. 03 с. — 6 ч. 20 м. 39 с. — 1 м. = 9400 километрамъ;

по второй:

$$x = \frac{6 \text{ ч. } 49 \text{ м. } 03 \text{ с.} - 6 \text{ ч. } 20 \text{ м. } 39 \text{ с.}}{3} = 9800 \text{ километрамъ;}$$

по третьей:

$$x = \frac{(6 \text{ ч. } 49 \text{ м. } 03 \text{ с.} + 6 \text{ ч. } 31 \text{ м. } 03 \text{ с.}) - [2(6 \text{ ч. } 20 \text{ м. } 39 \text{ с.}) + 1 \text{ м.}]}{4} = 9450 \text{ клм.}$$

Такъ какъ истинное разстояніе, какъ мы видѣли выше, равнялось 9445 километрамъ, то результатъ вычисленія по первой и по третьей формуламъ очень близокъ къ дѣйствительности, тогда какъ по второй—менѣе удовлетворителенъ. Беннрдорфъ даетъ, однако, для формулъ Ласка таблицы поправокъ, вычисленныя по его кривымъ, и мы ихъ приводимъ здѣсь:

Разстояніе отъ эпицентра, вычисленное по формулѣ	Поправка, которую должно ввести при примѣненіи формулы:	
	$x = S - P - 1$	$x = \frac{L - P}{3}$
1000 км.	— 100 км.	+ 200 км.
2000 »	— 300 »	+ 200 »
3000 »	— 500 »	+ 300 »
4000 »	— 600 »	+ 300 »
5000 »	— 600 »	+ 300 »
6000 »	— 600 »	+ 200 »
7000 »	— 500 »	+ 100 »
8000 »	— 300 »	0 »
9000 »	0 »	— 100 »
10000 »	+ 500 »	— 300 »
11000 »	+ 1500 »	
12000 »	+ 2800 »	— 500 »
12900 »	+ 7100 »	
14000 »		— 900 »
16000 »		— 1400 »
18000 »		— 2000 »
20000 »		— 2400 »
23000 »		— 3400 »

При примѣненіи третьей формулы Ласка:

$$x = \frac{(L + S) - (2P + 1)}{4}$$

ошибка столь мала, что, по Бенндорфу, практически равна нулю.

Если мы примѣнимъ эту таблицу поправокъ къ нашему вышеприведенному вычисленію, то найдемъ, что для первой и третьей формулы ошибка практически равна нулю, тогда какъ при второй формулѣ слѣдуетъ вычесть около 300 километровъ, такъ что и по ней мы найдемъ въ качествѣ конечнаго результата 9500 километровъ.

Однако, тѣмъ, что мы по сейсмограммамъ можемъ приблизительно вычислить разстояніе отъ эпицентра, мы еще получаемъ весьма немного, такъ какъ мы не знаемъ все же, гдѣ въ дѣйствительности лежитъ эпицентръ. Можно, правда, легко опредѣлить мѣстное направленіе волнъ землетрясенія, но это направленіе, какъ мы увидимъ, не всегда согласуется съ направленіемъ, въ которомъ лежитъ эпицентръ. Точно установить мѣсто происхожденія землетрясенія можно, однако, безъ труда, если располагаемъ наблюденіями нѣсколькихъ станцій. Въ этомъ случаѣ вокругъ каждой точки наблюденія описывается на картѣ окружность радіусомъ, равнымъ вычисленному разстоянію; тамъ, гдѣ всѣ эти окружности взаимно пересѣкутся, или гдѣ ихъ точки пересѣченія придутся близко одна къ другой, и располагается эпицентръ. Въ качествѣ примѣра можно привести японское землетрясеніе 7-го марта 1899 года; оно наблюдалось на трехъ станціяхъ—въ Вакаямѣ, въ Токіо и въ Міако: по продолжительности предшествующей фазы были вычислены слѣдующія разстоянія: для Вакаямы — 136 километровъ, для Токіо—380 километровъ, для Міако—794 километра. Окружности, вычерченныя на картѣ соотвѣтствующими разстояніями (рис. 48), пересѣклись, и центръ между точками ихъ пересѣченія оказался въ морѣ, но вблизи берега на юго-востокъ отъ Вакаямы.

Графическое опредѣленіе является самымъ простымъ, но при большихъ разстояніяхъ оно трудно примѣнимо, вслѣдствіе тѣхъ искаженій, которыя вносятся картографической проекціей. Потому Ласка, вмѣсто этого графическаго метода, далъ рядъ формулъ, основанныхъ на сферической тригоно-

метрiи, и составилъ къ нимъ таблицы, по которымъ легко изъ сейсмограммъ трехъ станцiй непосредственно опредѣлить приблизительно эпицентръ въ градусахъ широты и долготы. На этихъ вычисленiяхъ мы не можемъ здѣсь останавливаться подробнѣе, ихъ можно найти въ учебникѣ сейсмологiи

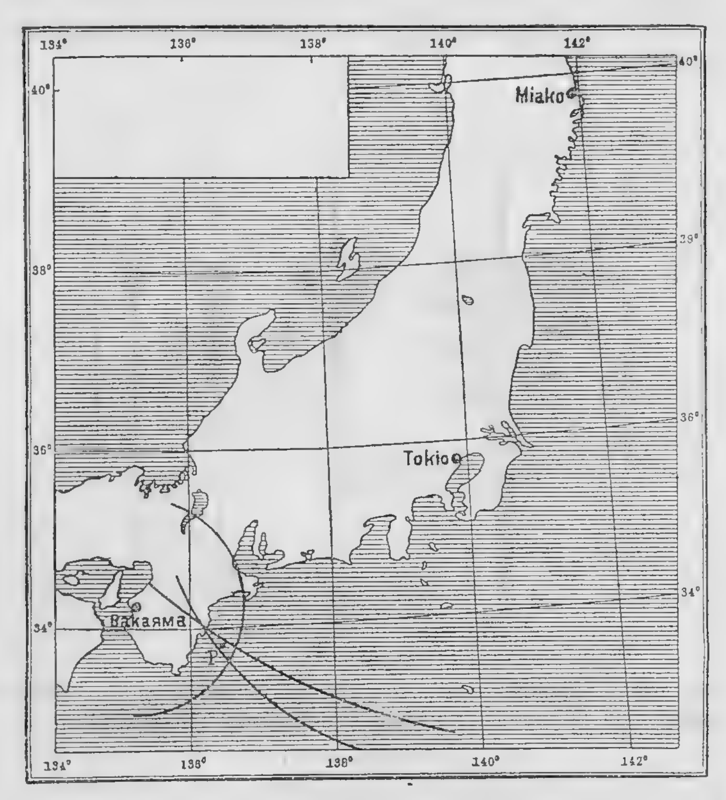


Рис. 48. Опредѣленiе эпицентра.
По Оморi.

Зиберга (Sieberg, „Handbuch der Erdbebenkunde". Браунштейгъ, 1904 г.).

При помощи сейсмограммъ можно при дальнихъ землетрясенiяхъ, какъ уже сказано, опредѣлить лишь мѣстное направленiе волнъ землетрясенiя, такъ какъ эти послѣднiя во внутренности земли безконечно разбиваются, и направленiе

ихъ на поверхности земли измѣняется какъ подставками, на которыхъ стоятъ сейсмографы, такъ и самими сейсмографами; сейсмограмма лишь показываетъ намъ, слѣдовательно, въ какомъ направленіи колеблются ближайшія къ аппарату части земной коры, и это направленіе легко опредѣляется по показаніямъ обоихъ компонентовъ прибора (см. главу объ инструментахъ), если примѣнить законъ параллелограмма силъ.

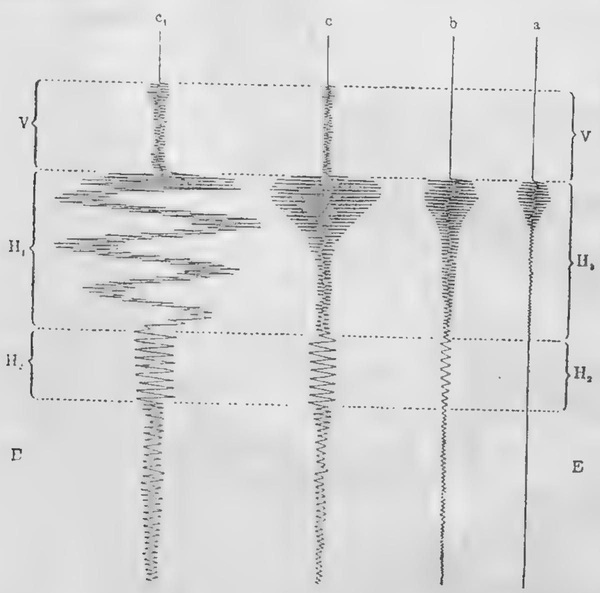


Рис. 49. Схематическое изображеніе трехъ типовъ сейсмограммъ во время фогтлэндскаго роя землетрясеній 1903 года.
По Креднеру.

a—типъ I, 4 классъ. *b*—типъ II, 5 классъ. *c*—типъ III, 6—7 классъ. c_1—типъ III, при которомъ сейсмическіе удары искажены собственными размахами маятника. *V*—предшествующее нарушеніе. *H*—главное нарушеніе. H_1—отдѣлъ съ размахами короткаго періода. H_2—отдѣлъ съ размахами длиннаго періода. *E*—конечное нарушеніе.

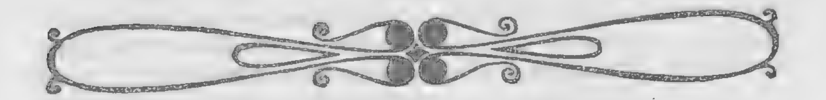
Что касается мѣстъ, которыя близко лежатъ къ эпицентру, то тамъ направленіе движеній отмѣчается, до нѣкоторой степени, непосредственно сейсмографами, а равно можетъ быть до нѣкоторой степени опредѣлено и изъ положенія опрокинутыхъ столбовъ, статуй и т. п.; все же и въ данномъ случаѣ

заключенія иногда бываютъ ошибочными, такъ какъ волны нерѣдко получаютъ мѣстныя уклоненія, особенно благодаря глубокимъ впадинамъ, ущельямъ и т. п. Если пользоваться такими опредѣленіями для установленія положенія эпицентра, исходя изъ предположенія, что волны идутъ отъ эпицентра по радіусамъ, то все же слѣдуетъ соблюдать величайшую осторожность и, во всякомъ случаѣ, для контроля примѣнять опредѣленіе зоны наибольшаго разрушенія.

Если для истолкованія сейсмограммы принимать во вниманіе, во-первыхъ, разстояніе отъ эпицентра и, во-вторыхъ, силу отклоненія, то путемъ сравненія многочисленныхъ хорошо изслѣдованныхъ землетрясеній можно для каждой станціи установить нѣкоторую скалу, указывающую силу землетрясенія въ эпицентрѣ. Обыкновенно различаютъ лишь три степени землетрясенія, именно: 1) замѣтныя, 2) весьма замѣтныя и 3) сильныя землетрясенія.

Впрочемъ, Креднеръ еще наблюдалъ, что при фохтландскихъ землетрясеніяхъ характеръ сейсмограммы зависитъ отъ силы толчковъ въ эпицентрѣ. Креднеръ различаетъ три типа (рис. 49). Первый типъ (рис. 49,*a*) соотвѣтствуетъ четвертому классу скалы Росси-Фореля,—предварительнаго нарушенія не имѣется, главное нарушеніе единично, и конечнаго нарушенія также нѣтъ. Второй типъ (рис. 49, *b*) соотвѣтствуетъ пятому классу Росси-Фореля: предшествующаго нарушенія нѣтъ, или оно едва замѣтно, главное нарушеніе состоитъ изъ весьма короткаго періода и переходитъ въ продолжительное постепенно убывающее нарушеніе. Третій типъ (рис. 49,*c*) соотвѣтствуетъ шестому и седьмому классамъ,—здѣсь наблюдается рѣзко замѣтное предшествующее нарушеніе; главное нарушеніе состоитъ изъ двухъ отдѣловъ: одинъ изъ нихъ представляетъ собою короткій періодъ, другой болѣе длинный, и конечное нарушеніе ясно отграничивается отъ предшествующаго главнаго нарушенія.





6. Моретрясенія.

Эпицентры землетрясеній бываютъ не только на сушѣ, они нерѣдко лежатъ и посреди океана, и такія колебанія земной коры носятъ названіе моретрясеній, такъ какъ волны непосредственно передаются морю и нерѣдко вызываютъ возникновеніе колоссальной морской волны.

Въ общемъ, можно принять, что причины моретрясеній одинаковы съ причинами землетрясеній; исключить слѣдуетъ лишь, пожалуй, настоящія тектоническія колебанія. Мы видѣли уже выше, что тектоническія землетрясенія имѣютъ очаги, располагающіеся на глубинѣ всего нѣскольких километровъ отъ поверхности, тогда какъ глубина мѣста происхожденія большихъ катастрофическихъ землетрясеній составляетъ нерѣдко сотни километровъ, — такія землетрясенія мы назвали „скрыто-вулканическими". Встрѣчаются ли настоящія тектоническія землетрясенія на морѣ, пока нельзя съ точностью установить: тѣ, которыя происходятъ по американскому краю Тихаго океана, разсматриваются обыкновенно какъ тектоническія, но, при нашемъ маломъ знакомствѣ съ геологіей этихъ береговъ и съ особенностями этихъ землетрясеній, мы пока не можемъ рѣшить этого вопроса съ полной увѣренностью; къ тому же большинство этихъ землетрясеній, можетъ-быть, вовсе и не относится къ настоящимъ моретрясеніямъ. Находятся ли на днѣ моря складчатыя и сбросовыя горы, мы не знаемъ, а отъ этого вѣдь и зависитъ возможность настоящихъ тектоническихъ землетрясеній. Не установлено также и происхожденіе моретрясеній отъ обваловъ, зато вулканическія моретрясенія встрѣчаются довольно часто. Мы знаемъ много примѣровъ образованія вулканическихъ острововъ въ океанѣ; можно напомнить о возникновеніи острова Фердинандеи въ Средиземномъ морѣ, между Сициліей и Пантелляріей (1813 г.),—этотъ островъ исчезъ въ томъ же году. При такихъ изверженіяхъ,

даже когда происходятъ лишь изліянія лавы, возникаютъ всегда землетрясенія. Наблюдались и настоящія изверженія въ океанѣ, съ характеромъ взрыва: такъ, 26-го іюня 1856 г. китобой „Алисъ Фрэзеръ“, которымъ командовалъ К. Ньювель, наблюдалъ въ проливѣ Оннима, въ Архипелагѣ Короля Георга, очень сильное подводное изверженіе, связанное съ моретрясеніемъ.

Очень часто моретрясенія производятся скрыто-вулканическими колебаніями, но матеріалъ, которымъ мы располагаемъ въ настоящее время, еще слишкомъ незначителенъ для того, чтобы можно было установить, какими причинами вызываются различныя моретрясенія.

Выражаются моретрясенія большею частью такъ, что вода не приводится въ движеніе, и поверхность остается совершенно покойной,—это было установлено цѣлымъ рядомъ наблюдателей; тѣмъ не менѣе, при такой гладкой поверхности моря корабли ощущаютъ сильнѣйшіе толчки. Въ другихъ случаяхъ въ морѣ возникаетъ волненіе, производящее впечатлѣніе, какъ-будто море кипитъ, такъ какъ валы являются совершенно неравной высоты и протяженія, и вода при этомъ подбрасывается въ высоту. Такое моретрясеніе наблюдалось, напримѣръ, въ 1865 году въ гавани Кальяо. Въ отдѣльныхъ случаяхъ наблюдалось также, что среди океана взлеталъ водяной столбъ на 20—30 метровъ въ высоту; такіе водяные столбы, вѣроятно, происходятъ вслѣдствіе подводныхъ изверженій. Повидимому, чрезвычайно рѣдко наблюдается другое явленіе, именно: море на большомъ разстояніи равномѣрно вздымается и затѣмъ снова опускается, не образуя при этомъ крутыхъ волнъ; это наблюдалось, напримѣръ, 23-го сентября 1887 г. капитаномъ Армстронгомъ у южныхъ береговъ острова Кубы; такое поднятіе моря объясняютъ также подводнымъ изверженіемъ. Если моретрясеніе происходитъ вблизи береговъ, то толчки, несомнѣнно, передаются и сушѣ, какъ это нерѣдко наблюдается, напримѣръ, въ Греціи. Разумѣется, и на берегахъ становятся замѣтными приливныя волны, обусловленныя моретрясеніемъ, точно такъ же, какъ землетрясенія, происходящія у береговъ, передаются океану и вызываютъ въ немъ особыя волны. Послѣдній случай, какъ мы видѣли уже выше (стр. 27—30), далеко не рѣдокъ. Примѣромъ набѣга волнъ на сушу можетъ служить изверженіе Кракатоа, 27-го августа 1883 г., при которомъ развилась огромная морская волна, достигшая высоты болѣе 30 метровъ; эта волна разрушила много горо-

довъ и селеній и отразилась затѣмъ на всѣхъ океанахъ. Зюссъ объясняетъ такой волною, происшедшей отъ моретрясенія, преданіе о всемірномъ потопѣ; онъ предполагаетъ, что у устья Евфрата тогда образовалась такая волна вслѣдствіе совпаденія моретрясенія со смерчемъ, и это предположеніе имѣетъ многое за себя. На западномъ берегу Америки, гдѣ подобныя волны не являются рѣдкостью, мы также во многихъ мѣстностяхъ находимъ у индѣйцевъ сказанія о всемірномъ потопѣ, сходныя съ библейскимъ.

Большинство моретрясеній наблюдается, конечно, на судахъ. Чаще всего колебанія воды производятъ на судовую команду впечатлѣніе, что судно касается твердаго дна или сѣло на мель; разсказываютъ, что случалось, что судно подбрасывалось и вверхъ. Если толчокъ дѣйствуетъ на судно съ боку, то послѣднее наклоняется на сторону и вслѣдствіе инерціи начинаетъ качаться съ боку на бокъ. Обыкновенно при этомъ судно не утрачиваетъ скорости движенія, хотя имѣются и противоположныя наблюденія,—такъ, шедшій полнымъ ходомъ пароходъ „Джонъ Эльдеръ“ 9-го мая 1877 г. около Антофагасты былъ остановленъ на 4—5 минутъ сильнымъ толчкомъ моретрясенія.

При моретрясеніяхъ наблюдаются также различныя бросающіяся въ глаза сопутствующія явленія. Такъ, постоянно наблюдаются звуки, напоминающіе громъ, грохотъ или выпусканіе пара изъ парового котла,—эти звуки объясняются тѣми же причинами, какъ звуки при землетрясеніяхъ; отчасти они, можетъ-быть, сводятся къ звуковымъ явленіямъ, сопровождающимъ подобныя вулканическія изверженія. Во многихъ случаяхъ при моретрясеніи происходитъ повышеніе температуры воды, — это обусловливается, несомнѣнно, подводными изліяніями лавы. Сообщаютъ также и о свѣтовыхъ и огненныхъ явленіяхъ, которыя могутъ происходить, когда моретрясеніе обусловливается подводнымъ изверженіемъ.

Относительно распространенія волнъ моретрясеній мы знаемъ еще пока очень мало; наблюдали какъ исходящія изъ одной центральной точки, такъ и продольныя волны; въ этомъ отношеніи, слѣдовательно, моретрясенія похожи на землетрясенія. Относительно быстроты распространенія мы знаемъ еще менѣе; при азорско-мадерскомъ землетрясеніи 22-го декабря 1884 г. скорость распространенія наблюдалась въ 1.295 метровъ въ секунду, при моретрясеніи у Зеленаго Мыса 1-го ноября 1893 г. она была лишь 125 мет-

ровъ въ секунду; болѣе точныя данныя были получены лишь путемъ наблюденій при помощи мареографовъ во время бенгальскаго землетрясенія 31-го декабря 1881 г., именно: были получены слѣдующія цифры:

отъ Портъ-Блэра	до Калькутты	652	м. въ сек.
"	" Мадраса	649	" " "
"	" Фальсъ-Пойнтъ	602	" " "

Э. Рудольфъ, которому мы обязаны весьма тщательною сводкою всего, что извѣстно о моретрясеніяхъ, установилъ для нихъ и нѣкоторую скалу, соотвѣтствующую скалѣ землетрясеній Росси-Фореля.

Удивительнымъ образомъ моретрясенія въ общемъ имѣютъ обыкновенно очень незначительную поверхность сотрясенія; нерѣдко ея радіусъ составляетъ лишь нѣсколько морскихъ миль, и лишь въ немногихъ случаяхъ она простирается на болѣе значительное разстояніе, какъ это было при указанномъ уже моретрясеніи у Зеленаго Мыса. Продолжительность моретрясеній, повидимому, связана съ ихъ интенсивностью, такъ что самыя слабыя моретрясенія наименѣе продолжительны, тогда какъ самыя сильныя длятся наиболѣе долго.





7. Организація наблюденій надъ землетрясеніями.

Во многихъ странахъ производятся въ настоящее время наблюденія надъ землетрясеніями на государственный счетъ. Они, разумѣется, имѣютъ дѣйствительную цѣнность лишь въ томъ случаѣ, если основываются на показаніяхъ достаточнаго количества сейсмографовъ. Особенно развиты наблюденія надъ землетрясеніями въ Японіи. Точно также сѣть сейсмографическихъ станцій организована и въ большинствѣ главныхъ государствъ Европы, а съ недавняго времени сейсмографическія наблюденія стали развиваться и въ различныхъ странахъ Америки—въ Канадѣ, въ Соединенныхъ Штатахъ, въ Мексикѣ и въ Чили. Въ Азіи сейсмографическія станціи имѣются въ британскихъ, голландскихъ, русскихъ и американскихъ владѣніяхъ; въ Африкѣ онѣ существуютъ въ Египтѣ, въ Капской области, въ германской Восточной Африкѣ, на островѣ св. Маврикія и на Азорскихъ островахъ. Нѣкоторое количество станцій имѣется также и въ Австраліи, и въ германскихъ колоніяхъ на Южномъ Тихомъ океанѣ. Точное опредѣленіе числа всѣхъ сейсмологическихъ станцій, существующихъ на земномъ шарѣ въ настоящее время, затруднительно, благодаря тому, что число это теперь сильно растетъ. Это въ значительной степени является результатомъ дѣятельности Международной Ассоціаціи по изученію землетрясеній. По иниціативѣ Германіи, главнѣйшія государства земного шара совмѣстно организовали ассоціацію, задачею которой является организація наблюденій надъ землетрясеніями въ различныхъ странахъ. Сообщенія всѣхъ станцій направляются въ центральное бюро Ассоціаціи, находящееся въ Страсбургѣ (въ Эльзасѣ), и это бюро озабочивается международнымъ обмѣномъ наблюденіями. Первое предложеніе объ учрежденіи такой международной организаціи исходило въ 1895 г. отъ Э. Р е б е р ъ-П а ш в и ц а въ Страсбургѣ; послѣ преждевременной смерти этого изслѣдователя,

которому сейсмологія обязана безконечно многимъ, Г. Герландъ въ Страсбургѣ, при содѣйствіи Гельмерта, Неймайра, Рихтгофена, Зупана и Вагнера, обратился въ 1899 г. съ воззваніемъ объ образованіи международнаго сейсмологическаго общества. Германская имперія пригласила затѣмъ различныя государства принять участіе въ международной сейсмологической конференціи, которая и состоялась 11—13 апрѣля 1901 г. въ Страсбургѣ; изъ нея затѣмъ и образовалась Международная Ассоціація для организаціи изученія землетрясеній.

Въ большинствѣ государствъ наблюденіе надъ землетрясеніями организовано слѣдующимъ образомъ. Главнымъ базисомъ служитъ болѣе или менѣе широко раскинутая сѣть сейсмографическихъ станцій, изъ коихъ главныя снабжены самыми чувствительными, второстепенныя станціи болѣе простыми инструментами. Разумѣется, всѣ эти инструменты представляютъ собою автоматическіе сейсмографы. Сейсмограммы особенно важны для опредѣленія момента наступленія землетрясенія. Не меньшее значеніе имѣетъ, однако, и то, чтобы въ мѣстностяхъ, подверженныхъ землетрясеніямъ, находилось достаточное число добросовѣстныхъ наблюдателей, которые немедленно обращали бы вниманіе на всѣ детали землетрясенія. Центральное учрежденіе, занимающееся собираніемъ сейсмологическихъ свѣдѣній, обыкновенно разсылаетъ послѣ землетрясенія печатные вопросные листки ко всѣмъ заслуживающимъ довѣрія лицамъ съ просьбою сообщить свѣдѣнія о землетрясеніи. Еще лучше, однако, если въ каждой мѣстности, гдѣ часто случаются землетрясенія, находится нѣсколько лицъ, согласныхъ принять на себя наблюденія за этими явленіями; въ такомъ случаѣ можно каждому изъ нихъ предоставить по нѣскольку вопросныхъ листковъ и дать имъ болѣе детальныя указанія относительно производства наблюденій. Это особенно важно въ виду того, что въ такомъ случаѣ всѣ эти наблюдатели уже съ самаго начала будутъ обращать вниманіе на всѣ явленія, происходящія при землетрясеніи, такъ что не придется довольствоваться тѣмъ, что случайно останется въ памяти.

Вопросы, которые особенно интересны въ смыслѣ выясненія характера землетрясенія, неоднократно сопоставлялись въ различныя схемы,—по общему опыту лучше всего самыя краткія схемы, такъ какъ онѣ являются наиболѣе удобообозрѣваемыми. Въ качествѣ примѣра приведемъ схему,

составленную директоромъ императорской германской центральной сейсмологической станціи, Г. Герландомъ въ Страсбургѣ:

Программа вопросовъ германской центральной сейсмологической станціи.

1. Мѣсто и время землетрясенія.
2. Въ которомъ часу оно произошло (часъ, минуты, по возможности секунды). До полудня или послѣ полудня?
3. Гдѣ находился наблюдатель? Дома или на улицѣ? Въ которомъ этажѣ?
4. Число и продолжительность толчковъ. Направленіе послѣднихъ.
5. Какое вліяніе оказало землетрясеніе?
6. Были ли замѣтны звуковыя явленія?
7. Что произошло съ источниками, колодцами и т. п.?
8. Особыя замѣчанія.
9. Адресъ наблюдателя.

При полученіи отвѣтовъ, центральное учрежденіе озабочивается обработкой и просмотромъ матеріала.





8. Заключеніе.

Въ культурныхъ государствахъ не требуютъ, разумѣется, непосредственной практической пользы отъ науки,—конечно, каждая наука имѣетъ то или иное практическое приложеніе, но оно не составляетъ ея конечной цѣли. Въ государствахъ менѣе культурныхъ вопросъ о томъ, какое практическое значеніе имѣетъ изученіе землетрясеній, несомнѣнно, ставится. И теперь уже можно дать на него вполнѣ удовлетворительный отвѣтъ, несмотря на то, что сейсмологія является одною изъ самыхъ молодыхъ наукъ. Для образованнаго человѣка, разумѣется, самымъ важнымъ результатомъ будетъ то, что лишь точное изслѣдованіе волнъ землетрясеній и ихъ вліянія на различныя породы можетъ намъ со временемъ выяснить природу внутренности земли и условія, наблюдаемыя на тѣхъ глубинахъ, куда мы не можемъ проникнуть непосредственно. Уже въ этомъ отношеніи сдѣланы многочисленные успѣхи. По изслѣдованіямъ Джона Мильна, Сванте Аррениуса, Э. Вихерта и др., мы должны предположить, что земной шаръ имѣетъ внутри ядро почти однороднаго строенія и не очень значительнаго удѣльнаго вѣса; предполагаютъ, что это ядро состоитъ, напримѣръ, изъ желѣза въ газообразномъ состояніи и имѣетъ равномѣрную плотность.

При этихъ изслѣдованіяхъ выясняется, несомнѣнно, также, какіе участки областей, подверженныхъ землетрясеніямъ, наиболѣе удобны для возведенія городовъ и селеній; напомнимъ лишь, что было нами выше сказано на стр. 19—20. Съ теченіемъ времени, быть-можетъ, удастся перенести всѣ населенныя мѣста, которыя страдаютъ отъ землетрясеній, въ точки, болѣе защищенныя отъ нихъ. Въ связи съ этимъ стоитъ, что лишь путемъ систематическаго изученія землетрясеній можетъ быть опредѣлено болѣе точно вліяніе движеній земной коры на постройки, сооружаемыя человѣкомъ. На основаніи такихъ данныхъ въ Японіи, напримѣръ, создалась спеціальная архитектура, приспособленная для землетрясеній, были выработаны методы для постройки домовъ, которые оказывали бы сопротивленіе самымъ сильнымъ землетрясеніямъ.

Далѣе было найдено, что сейсмографы, приспособленные соотвѣтственнымъ образомъ, могутъ служить для опредѣленія сопротивленія желѣзнодорожныхъ мостовъ, фабричныхъ построекъ и другихъ сооруженій, подверженныхъ колебаніямъ и сгибанію. Такое же примѣненіе сейсмографы получили въ недавнее время на Гельголандѣ. Нѣсколько времени тому назадъ въ германскихъ газетахъ высказывалось опасеніе, что островъ Гельголандъ подвергается медленному разрушенію вслѣдствіе сотрясеній, производимыхъ выстрѣлами изъ орудій крупнаго калибра, такъ какъ песчаникъ, изъ котораго онъ сложенъ, весьма непроченъ. Профессоръ Э. Вихертъ опредѣлилъ при помощи своего сейсмографа силу сотрясеній, производимыхъ выстрѣлами изъ орудій самаго крупнаго калибра, и установилъ, что къ такого рода опасеніямъ нѣтъ ни малѣйшаго основанія. Количество такихъ практическихъ приложеній въ будущемъ, несомнѣнно, еще болѣе увеличится.

Особенно большое значеніе получитъ, быть-можетъ, изученіе колебаній почвы для каменноугольныхъ копей; именно, оказывается, что уже самое легкое землетрясеніе содѣйствуетъ въ высшей степени выхожденію взрывчатыхъ газовъ, столь опасныхъ для каменноугольныхъ копей. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, даже тѣ въ высшей степени слабыя движенія, которыя называются осцилляціями почвы, вліяютъ на выхожденіе этихъ газовъ. Будущія изслѣдованія, несомнѣнно, выяснятъ этотъ вопросъ, и если онъ рѣшится въ положительную сторону, сейсмологія получитъ новое практическое примѣненіе весьма существеннаго значенія.

Особенно важнымъ было бы, разумѣется, если бы удалось выработать методъ предсказанія землетрясенія. Мы видѣли уже выше, что къ тому дѣлались неоднократныя попытки, именно, старались установить нѣкоторую періодичность землетрясеній, но всѣ эти попытки были совершенно неудачны, и до настоящаго времени мы не можемъ еще вовсе предсказывать наступленіе землетрясеній,—не найдено даже и пути, по которому можно было бы овладѣть этой способностью предвидѣнія. Этимъ, разумѣется, мы не хотимъ сказать, что предсказывать землетрясенія немыслимо будетъ и въ будущемъ,—наука о землетрясеніяхъ еще слишкомъ молода, и мы не знаемъ, какіе сюрпризы она готовитъ намъ въ будущемъ!

